

Joonas Särkkä

RAUTAKAUPAN LÄMPÖOLOSUHTEIDEN TUTKIMUS

Opinnäytetyö
Talotekniikan koulutusohjelma


Joulukuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 21.12.2012	
Tekijä Joonas Särkkä		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka (LVI)	
Nimeke Rautakaupan lämpöolosuhteiden tutkimus			
Tiivistelmä Viime vuosina rakennusten sisäilmaongelmia on tullut yhä enemmän esille. Ongelmat ovat usein liittyneet rakennusten kosteus- ja homeongelmiin. Ongelmia on kuitenkin ilmennyt myös sisäilman lämpötiloissa ja ilman virtausnopeuksissa sisätiloissa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia rautakaupan sisäilman lämpöolosuhteita sekä niiden vaikutuksia myymälän työntekijöiden viihtyisyyteen ja terveyteen. Rautakaupan sisäilmassa oli havaittu ongelmia. Tämä tuli ilmi työntekijöiden haastatteluissa, jossa suurimmaksi ongelmaksi työntekijät arvioivat myymälän sisäilman lämpötilan olevan viileää ajoittain. Lisäksi myymälän työpisteillä oli havaittu vetoa. Lämpöolosuhteita lähdettiin tutkimaan mittauksien ja sisäilmakyselyn avulla. Mittaukset ja kysely kohdistettiin myymälän 6:lle eri työpisteelle, joilla työntekijät viettävät suurimman osan työpäivästensä. Tarkoituksena oli löytää yhtäläisyyksiä mittaustuloksista ja sisäilmakyselystä. Näin voitiin tehdä kattava sisäilmatutkimus. Työntekijöiden mainitsemat sisäilmavalitukset olivat aiheellisia. Tuloksista ilmeni myymälän sisäilman virtausnopeuksien olevan tavoitearvoja korkeammalla. Tämä vaikuttaa suuresti vedon tuntemiseen ja epäviihtyisyyteen työpisteillä. Sisäilman lämpötilat olivat sen sijaan lähellä viranomaisten asettamia suosituksia. On kuitenkin huomioitava, että vaikka sisäilman lämpöolot olisivat viranomaisten ohjeistuksen mukaisia, jopa 10- 30 % tilassa oleskelijoista voi olla tyytymätön sisäilman laatuun.			
Asiasanat (avainsanat) Sisäilma, Lämpötila, Suhteellinen kosteus, Hiilidioksidi, LVI-mittaukset, Terveysvaikutukset, Työviihtyisyys			
Sivumäärä 57+4		Kieli suomi	
URN			
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Marianna Luoma		Opinnäytetyön toimeksiantaja	

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 21.12.2012	
Author Joonas Särkkä		Degree programme and option Building Services	
Name of the bachelor's thesis Research of indoor air quality in a hardware store			
Abstract <p>In recent years indoor air quality problems have become more and more apparent. Mostly the problems occur with the air temperature and air velocity. If the problems last for too long it may cause health issues and expensive renovations. The main goal of this bachelor's thesis was to research indoor air quality in a hardware store by using different kind of indicators and by conducting a survey to the staff.</p> <p>There were indications of problems in this hardware store. This came out by interviewing the staff. The most common issues that came out were too low air temperature and too high air velocity inside the store.</p> <p>Thermal conditions were researched by using the indicators and the indoor climate survey results. Measurements and the questionnaire were targeted to 6 different workstations, where employees spend most of their time. The intention was to find similarities between the results of the survey and the indoor measurements. This made it possible to make a comprehensive indoor air research.</p> <p>The results were as expected. Temperatures were close to authorities' recommendations but air flow velocity was occasionally too high. This may cause health issues among the employees.</p>			
Subject headings, (keywords) Indoor air, Temperature, Relative humidity, Carbon dioxide, HVAC-Measurements, Health effects, Work comfort			
Pages 57+4	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Marianna Luoma		Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LÄMPÖOLOSUHDESUUREET JA HIILIDIOKSIDI.....	2
2.1	Ilman lämpötila	2
2.2	Operatiivinen lämpötila	3
2.3	Ilman suhteellinen kosteus.....	3
2.4	Ilman virtausnopeus ja veto	4
2.5	Hiilidioksidi	4
3	SISÄILMASTON OHJEET JA MÄÄRÄYKSET.....	5
3.1	Suomen rakentamismääräyskokoelma D2.....	5
3.2	Sisäilmastoluokitus 2008	7
4	SISÄILMAN TAVOITEARVOJEN ASETTAMINEN	9
5	PUUTTEELLISTEN LÄMPÖOLOSUHTEIDEN SYITÄ JA SEURAUKSIA... 10	
5.1	Ilman lämpötilan vaikutus	10
5.1.1	Ulkoiset lämpökuormat.....	11
5.1.2	Sisäiset lämpökuormat	11
5.2	Ilmanvirtaus nopeuden ja vedon vaikutukset	11
5.3	Ilman kosteuden vaikutus	12
5.4	Allergikot.....	13
6	VAATETUS JA AINEENVAIHDUNNAN TASO.....	13
6.1	Optimilämpötila.....	14
6.2	Vaatetus ja clo-arvo	14
6.3	Aineenvaihdunnan taso.....	15
7	SISÄILMATUTKIMUKSEN HYÖDYT	16
8	TUTKIMUSKOHDE	17
8.1	Rakennustarvikeosasto	20
8.2	Talotekniikkaosasto	20
8.3	Työvälineosasto	20
8.4	Kodinkalusteosasto	20
8.5	Sisustusosasto	21
8.6	Pääkassa.....	21

9	KÄYTETYT MENETELMÄT	21
9.1	Lämpötilan ja kosteuden mittaaminen työpisteillä	21
9.2	Ilman virtausnopeuden mittaaminen työpisteillä	22
9.3	Operatiivisen lämpötilan mittaus työpisteillä	22
9.4	Hiilidioksidimittaus rakennustarvikeosastolla ja ulkoilmassa	22
9.5	Ulkoilman ja välivaraston lämpötilan ja kosteuden mittaus	22
9.6	Mittauspöytäkirjat	23
9.7	Sisäilmakysely ja oirekysely	23
10	MITTAUSLAITTEET	23
10.1	Dataloggeri EBI 20-TH	24
10.2	Lämpötila ja kosteusmittari Vaisala HM-34	25
10.3	Pallolämpömittari	25
10.4	Swema air 300 ja olosuhdeanturi ilman virtausnopeuden mittaamiseen	26
10.5	Hiilidioksidimittari TSI IAQ-CALC 7535	27
11	TULOKSET	27
11.1	Rakennustarvikeosasto	29
11.1.1	Lämpötila tulokset	29
11.1.2	Suhteellisen kosteuden tulokset	30
11.1.3	Ilman virtausnopeustulokset	31
11.1.4	Hiilidioksidipitoisuus	33
11.2	Talotekniikkaosasto	34
11.2.1	Lämpötilatulokset	34
11.2.2	Suhteellisen kosteuden tulokset	36
11.2.3	Ilman virtausnopeustulokset	37
11.3	Työvälineosasto	38
11.3.1	Lämpötilatulokset	38
11.3.2	Suhteellisen kosteuden tulokset	39
11.3.3	Ilman virtausnopeudentulokset	40
11.4	Kodinkalusteosasto	40
11.4.1	Lämpötilatulokset	40
11.4.2	Suhteellisen kosteuden tulokset	42
11.4.3	Ilman virtausnopeustulokset	42
11.5	Sisustusosasto	43
11.5.1	Lämpötilatulokset	43

11.5.2	Suhteellisen kosteuden tulokset	44
11.5.3	Ilman virtausnopeustulokset	45
11.6	Pääkassa	46
11.6.1	Lämpötilatulokset	46
11.6.2	Suhteellisen kosteuden tulokset	47
11.6.3	Ilman virtausnopeustulokset	48
12	MITTAUSTULOKSIEN YHTEENVETO	49
13	SISÄILMAKYSELYN TULOKSET	51
13.1	Lämpöolosuhdekysely	51
13.2	Oirekysely	52
14	POHDINTA	53
	LIITTEET	
1	Sisäilmäkysely	
2	Mittauspöytäkirja	

1 JOHDANTO

Sisäilmasto kuuluu meidän jokapäiväiseen elämäämme. Se vaikuttaa meidän viihtyisyyteen, työtehokkuuteen ja terveyteen niin kotona kuin myös työpaikoilla. Sisäilma on tullut yhä enemmän esille LVI-alalla, ja se otetaan nykyään tarkoin huomioon ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien suunnittelussa. Ihmiset viettävät keskimäärin 90 – 95 % ajastansa sisätiloissa, joten on tärkeää huomioida sisäilman laatu ja sen mahdolliset terveysvaikutukset. [1.]

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia rautakaupan sisäilmaa. Kyseisessä myymälässä on juuri saatu remontti valmiiksi, jossa myymälään liitettiin samassa rakennuksessa ennen toiminut liiketila. Tämän myötä työpisteet vaihtoivat sijaintia. Sisäilmaa ei ole tarkasteltu remontin jälkeen, joten oli tarpeellista tutkia, millainen sisäilman laatu on ja kuinka se vaikuttaa työntekijöiden viihtyisyyteen, työtehokkuuteen ja terveyteen.

Sisäilmastolla tarkoitetaan rakennusten sisäilman fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden kokonaisuutta. Näitä ovat mm. lämpötila, kosteus, ilman virtausnopeus, valaistus, hiilidioksidi, melu, ilman epäpuhtaudet ja pintojen lämpösäteily. Tässä opinnäytetyössä keskitytään sisäilman hiilidioksidin ja lämpöolosuhteiden mittaamiseen (lämpötila, operatiivinen lämpötila, kosteus, ilman virtausnopeus,) ja saatujen tulosten analysointiin. [1.]

Lämpöolosuhteita tarkastellaan osastoittain, eli näillä työpisteillä, joilla työntekijät viettävät suurimman osan ajastansa työpäivänä. Osastoja on 6 kappaletta, ja ne sijaitsevat eri puolilla myymälää. Työntekijöiden määrä työpisteittäin vaihtelee 3-6:een. Kaikille osastoille tehdään samat mittaukset, ja niitä tarkastellaan erikseen omana yksikkönään.

Mittausten lisäksi sisäilman laatua tutkitaan teettämällä kysely myymälän työntekijöille. Kyselyn avulla saadaan selville työntekijöiden tuntemuksia ja kokemuksia myymälän sisäilmasta sekä oireista, joita työntekijöillä on ollut.

Tutkimus alkaa lämpöolosuhdesuureitten esittelyllä ja jatkuu kohteen kuvailulla ja käytettävien mittareiden ja mittausmenetelmien esittelyllä. Tämän jälkeen kaikkien

6:n eri työpisteen mittaustulokset, kyselytulokset ja niiden vaikutukset viihtyisyyteen ja terveyteen on esitelty.

2 LÄMPÖOLOSUHDESUUREET JA HIILIDIOKSIDI

Lämpöolosuhteet ovat osa sisäilmaston fysikaalisia tekijöitä. Näistä tärkeimmät ovat sisäilman lämpötila, operatiivinen lämpötila, kosteus ja sisäilman virtausnopeudet. Nämä fysikaaliset tekijät ovat tärkeimpiä tekijöitä, kun tarkastellaan ihmisten viihtyisyyttä ja työtehokkuutta. Sisäilmamittauksia tarkastellaan aina oleskeluvyöhykkeellä.

Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan sitä osaa huonetilasta, jossa sisäilmastolle asetetut arvot on suunniteltu ja toteutettu. Oleskeluvyöhyke rajoittuu lattianpintaan, 1,8 m korkeudelle lattiasta ja 0,6m päähän sivupinnoista kuten esimerkiksi ulko- ja sisäseinistä. [4, s.4.]

2.1 Ilman lämpötila

Lämpötila on tärkein sisäilmastotekijä. Ihminen kokee ympäröivän ilman lämpötilan sopivaksi, kun kehon aineenvaihdunnan tuottama lämpöenergia on samalla tasolla kehosta pois siirtyvän lämpöenergian kanssa. Tämä on optimitilanne, jolloin ihminen kokee lämpötilan sopivaksi, eli hän ei osaa sanoa, onko tilan lämpötila liian matala vai liian korkea. [1.]

Lämpötilan tuntemus on yksilöllistä, ja siihen vaikuttaa myös vaatetus. Yleisesti ottaen sopiva lämpötila sisäilmalle on 20–22 °C. Vaikka lämpötila olisikin 20–22 °C välillä, keskimäärin noin 10–30% ihmisistä kokee lämpötilan epämiellyttäväksi. Työpaikoilla sopivan lämpötilan suuruuteen vaikuttaa vaatetuksen lisäksi myös työn fyysisen rasituksen määrä. [5, s.5.]

Lämpötilan vaihtelu on myös huomioitava, kun tarkastellaan lämpöviihtyisyyttä, sillä suuret lämpötilamuutokset voidaan kokea hyvinkin epämiellyttävänä. Oleskelutilassa lämpötila ei saisi muuttua pystysuunnassa muutamaa astetta enempää. Lämpötilan vaihtelua pystysuunnassa tarkastellaan 1,1 m:n korkeudelta lattian pinnasta (istumatyö). [6, s.35,36.]

2.2 Operatiivinen lämpötila

Operatiivinen lämpötila kuvaa ihmisen lämpötilatuntemusta. Siinä yhdistetään sisäilman lämpötila ja ympäröivistä pinnoista säteilevä lämpötila. Näiden lämpötilojen keskiarvo antaa sen lämpötila-arvon, jonka ihminen tuntee. Operatiivinen lämpötila voi poiketa huoneilman lämpötilasta huomattavasti, mikäli tilassa on esimerkiksi paljon ikkuna pinta-alaa tai mikäli näiden alla on lämmittämättömiä tiloja.

Operatiivinen lämpötila on luotettavampi arvo ihmisen lämpöviihtyisyyden mittaamiseen kuin sisäilman lämpötila. Kun tehdään sisäilmatarkastelua, operatiivista lämpötilaa käytetään lämpöviihtyisyyden arvioimiseen, mikäli se poikkeaa paljon ilman lämpötilasta. [2, s.10.]

2.3 Ilman suhteellinen kosteus

Ilman suhteellinen kosteus ilmoittaa vesihöyryn prosentuaalisen osuuden ilmassa, eli sen määrään, kuinka paljon vesihöyryä ilma voi sitoa tietyssä lämpötilassa. Kesäaikaan vesipitoisuus on paljon korkeampi, sillä lämmin ilma pystyy sitomaan enemmän vesihöyryä (taulukko 1). [1.]

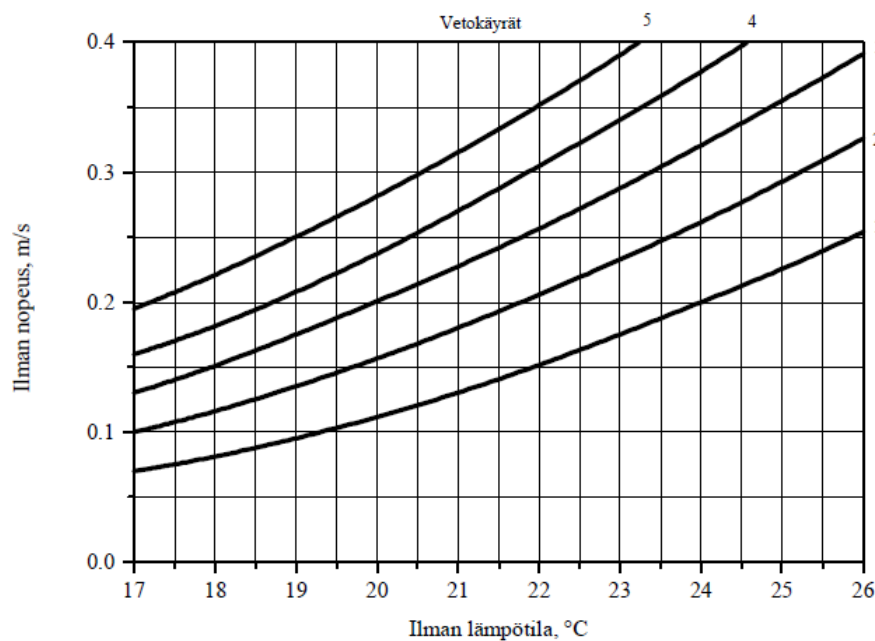
TAULUKKO 1. Esimerkkejä suhteellisesta kosteudesta [1]

Lämpötila (°C)	suhteellinen kosteus (%)	vesipitoisuus (g/m ³)
24	85	18,5
-20	85	0,7
22	3,8	0,7
22	21,9	4,2

Kosteus vaikuttaa ihmisen lämpötuntemuksiin, varsinkin jos aineenvaihduntataso on korkea, eli ihminen tekee fyysisesti rasittavaa työtä. Sisäilman kosteuteen vaikuttaa ulkoilman kosteus, sillä sisäilma saadaan ulkoilmasta ilmanvaihdon avulla. Kesäaikaan rakennusten sisäilman kosteus on lähes optimaalinen, kun taas talviaikaan vesipitoisuus ilmassa on liian matalalla. Koska esimerkiksi toimistorakennuksissa sisäilman kosteus muodostuu pääosin ulkoilman kosteudesta, aiheuttaa ulkoilman matala vesipitoisuus myös sisäilman matalan vesipitoisuuden ja näin ollen sisäilma on kuivaa ja voi aiheuttaa oireilua. [3; 6, s.36–37.]

2.4 Ilman virtausnopeus ja veto

Ilmavirtauksilla on vaikutusta ihmisen lämpötuntemukseen, varsinkin vedon tuntemiseen. Ihminen tuntee vetoa, kun lämmön siirtymistä iholta ympäristöön on paljon. Tähän vaikuttaa ilman nopeuden lisäksi ilman lämpötila, vaatetuksen määrä ja pintojen lämpösäteily. Vedon tunnetta voi myös esiintyä, mikäli henkilö oleskelee lähellä kylmiä ikkunapintoja tai rakennuksen vaipan ilmatiiviys on heikko. Ilman nopeus ja lämpötila vaikuttavat yhdessä vedon tunteeseen. Lämpötilan laskiessa alle 20 °C ilmavirtauksen nopeuden vaikutus vedon tuntemiseen kasvaa merkittävästi (kuva 1). [3.]



KUVA 1. Vetokriteerien määrittely [4, s.27]

2.5 Hiilidioksidi

Sisäilman hiilidioksidi on peräisin ulkoilmasta. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on keskimäärin noin 350 ppm (670mg/m³). Lisäksi hiilidioksidia muodostuu ihmisen ulos hengittämästä ilmasta. [6, s. 40.]

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuksiin vaikuttaa ihmiskuormitus ja ilmanvaihdon määrä. Tämän vuoksi sisäilman hiilidioksidipitoisuutta voidaan pitää ilmanvaihdon riittävyyden mittana. Tietyissä tilanteissa ilmanvaihdon määrää ohjataan hiilidioksidisensoreil-

la, jotka mittaavat ilman CO₂ -pitoisuuksia ja siten säättävät ilmanvaihdon suuruutta. Hiilidioksidi ei sinänsä aiheuta terveydellisiä haittoja, jos pitoisuudet vaihtelevat 350 – 2500 ppm välillä. Sitä käytetään kuitenkin epäsuorasti muihin ihmisistä peräisin olevien epäpuhtauksien arvioimiseen. Pienet huonetilat suhteessa henkilöiden määrään ovat alttiita hiilidioksidipitoisuuksien kohoamisille, etenkin jos ilmanvaihto ei ole riittävä. [6, s. 40.]

Hiilidioksidi ei sellaisenaan aiheuta terveydellisiä haittoja, kuin se esiintyy suomalaisissa rakennuksissa. Liian suurina pitoisuuksina se aiheuttaa kuitenkin väsymystä, keskittymiskyvyn herpaantumista, poskien punoitusta ja päänsärkyä. Tyypillisesti toimistotiloissa, joissa on paljon ihmisiä suhteessa tilojen ilmanvaihdon määrään ja tilan kokoon, nousevat pitoisuudet korkealle. Suomen sisäilmastoluokitus on antanut arvot hiilidioksidipitoisuuksille luokittain (taulukko 2). Olosuhteita pysyvyyttä tarkastellaan yhden tunnin keskiarvolla. [5, s.6; 6, s.40.]

TAULUKKO. 2 Hiilidioksidipitoisuuksien ohjearvot [5, s.6]

Sisäilmasto luokat	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus	<750 ppm	<900 ppm	<1200 ppm

3 SISÄILMASTON OHJEET JA MÄÄRÄYKSET

Sisäilmastoon liittyen on annettu useita eri määräyksiä ja ohjeita. Näistä tärkeimpiä ovat Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 (2010), sisäilmaluokitus (2008) ja asumisterveysohje. [2,4,5.]

3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma D2

Ympäristöministeriö on päivittänyt v. 2010 Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (D2) määräykset ja asetukset sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskien. Määräykset koskevat vain uudisrakennuksia ja loma-asuntojen osalta sellaisia rakennuksia, jotka ovat talvi- tai ympärivuodenasuttavia. Kyseessä oleva rautakauppa on valmistunut ennen vuotta 2010 eli nämä määräykset, eivät koske tätä kyseistä rautakauppaa, mutta kokoelma antaa sisäilmalle nykyaikaiset määräykset ja asetukset ja näin ollen sen antamia

ohjeita sovelletaan tässä tutkimuksessa. Kokoelma antaa mm. tavoitearvoja eri tilojen lämpötiloille (Taulukko 3). [4, s.6.]

TAULUKKO 3. Lämmityskauden huonelämpötilan tilakohtaisia ohjeita, joiden lämpötila ei ole 21 °C [4, s.6]

Tila	Huonelämpötila (°C)
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymälä	18
– myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

Muita Rakentamismääräyskokoelma D2:n [4] määräyksiä:

- Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto.
- Terveellinen, turvallinen ja viihtyisän sisäilmaston aikaansaamiseksi käytetään rakenteellisia keinoja, pienennetään sisäisiä kuormitustekijöitä, rajoitetaan ulkoisten ja sisäisten kuormitustekijöiden vaikutusta sekä käytetään ilmanvaihto- ja ilmastointiteknisii keinoja.
- Oleskelutiloihin on käytönaikana johdettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisän sisäilman laadun takaava ulkoilmavirta.
- Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käytönaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti.
- Hyväksyttävä poikkeama oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvosta huonetilan keskeltä 1,1m:n korkeudelta on $\pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Rakennuksen käyttöaikana ei oleskeluvyöhykkeen lämpötila yleensä saa olla korkeampi kuin $+25^{\circ}\text{C}$.
- Ulkoilman lämpötilan viiden tunnin enimmäisjakson keskiarvon ollessa korkeampi kuin 20°C voi huoneilman lämpötila ylittää tämän arvon korkeintaan 5°C .

3.2 Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmastoluokitus 2008 [5] on ohjekortisto, joka antaa ohjeita niin uudisrakentamiselle kuin myös korjausrakentamiselle. Luokitus on jaoteltu kolmeen tasoon S1, S2 ja S3, S1:n ollessa laadultaan korkein taso. Nämä luokat antavat eri arvoja niin ilman lämpötilalle, ilmapirran nopeuksille kuin myös operatiiviselle lämpötilalle. Näitä arvoja voidaan soveltaa työ- ja asuintiloissa, julkisissa rakennuksissa, kouluissa ja päiväkodeissa. Luokitukset on tehty rakennuksen käyttäjien, omistajan, suunnittelija ja rakennuttajan apuvälineeksi. Näiden eri sisäilmaluokkien arvot on suunniteltu siten, että niitä noudattaessa rakennuksen sisäilmasto ei aiheuta terveyshaittoja ja muodostaa viihtyisän työ- ja asumisympäristön. Luokat S1 ja S2 ovat viranomaisvaatimuksien tasoa korkeammalla. [5, s.4.]

Sisäilmastoluokka S1 on tavoitearvoiltaan vaativin luokka. Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä, lämpöolot ovat viihtyisiä niin lämpötilan kuin myös ilman virtausnopeuksien osalta. Tilan lämpötila on yksilöllisesti hallittavissa, eikä vetoa esiinny. Tilan lämpötilan hallitsemisella tarkoitetaan esim. huonekohtaisia jäähdytyspalkkeja, eli henkilö voi itse säätää erikseen tilan ilman lämpötilaa riippumatta muiden huoneiden lämpötilasta. [5, s.4.]

Luokka S2 asettaa hyvän laadun sisäilman lämpöolojen suhteen. Vedon esiintymistä voi olla havaittavissa pienissä määrin ja ylikämpeneminen on mahdollista kuumina kesäpäivinä. Yksittäisen tilan lämpötila ei ole yksilöllisesti hallittavissa. [5, s.4.]

S3-luokka vastaa laadultaan tyydyttävää tasoa. S3-luokka vastaa maankäyttö-, rakennuslain sekä terveyssuojelulain asettamia vaatimuksia. Luokan tavoitearvot on annettu sen mukaan, että henkilöille ei aiheudu vakavia terveydellisiä haittoja, mikäli rakennukseen on suunniteltu toimiva ilmanvaihto, eikä terveydelle vaarallisia epäpuhtauksia esiinny. S3:n tavoitteena on tuottaa henkilöille turvallinen sisäilmasto, eikä viihtyisyyteen vaikuttavia tekijöitä ole niinkään huomioitu tässä luokassa. Tämän vuoksi varsinkin kesän kuumimpina päivinä, tilojen lämpötilat voivat nousta korkealle (taulukot 4 ja 5). [5, s.4.]

TAULUKKO 4. Toimi- ja opetustilojen ym. työtilojen jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmien suunnitteluarvoja [5, s. 6,13]

Suure	Yksikkö	S1	S2	S3	Huom.
Jäähdytysjärjestelmän suunnitteluarvo	°C	25	25	-	I
Lämmitysjärjestelmän suunnitteluarvo	°C	21,5	21,5	21,5	I
Lämpötilan tilakohtainen säädettävyyys, talvi	°C	20...23	-	-	II
Lämpötilan tilakohtainen säädettävyyys, kesä	°C	23...25	-	-	II
Ilman nopeus, $t_{ilma}=21^{\circ}\text{C}$	m/s	<0,14	<0,17	<0,20	III
Ilman nopeus, $t_{ilma}=23^{\circ}\text{C}$	m/s	<0,16	<0,20	<0,25	III
Ilman nopeus, $t_{ilma}=25^{\circ}\text{C}$	m/s	<0,20	<0,25	<0,35	III
Pystysuuntainen lämpötilaero	°C	2	3	4	IV
Lattian pintalämpötila, vähintään	°C	19	19	17	V
Lattian pintalämpötila, enintään (lattialämmit.)	°C	29	29	31	V
Ilman suhteellinen kosteus, talvi	%	>25	-	-	VI

- Vaatimuksia ei ole asetettu.
- I Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien suunnitteluarvot ovat tarkoitettu tehon mittauksen ja laitteiden suurimmiksi oletusarvoiksi.
- II Lämpötilan säädettävyyys tarkoittaa säätömahdollisuutta suunnitteluarvosta. Kesällä säätömahdollisuus edellytetään suunnitteluarvoa korkeampiin lämpötiloihin ja talvella näitä arvoja matalampiin arvoihin. Järjestelmäkohtaisessa säädössä samaan vyöhykkeeseen kuuluvien huoneiden lämpötilat eivät saa poiketa enempää kuin $\pm 1^{\circ}\text{C}$, kun tilojen lämpökuormat ovat suunnittelun mukaiset.
- III Ilman nopeus on mittauksen 3 minuutin keskiarvo. Mittaukset suoritetaan standardin SFS 5511 mukaisesti.
- IV Lämpötilaero pystysuunnassa tarkoittaa mittauskorkeuksia 0,1 m ja 1,1 m (istumatyö).
- V Lattian pintalämpötila ei saa missään kohtaa oleskeluvyöhykettä poiketa annetuista arvoista. Pintalämmön mittaamiseen sovelletaan standardia SFS 5511.
- VI Ilman suhteellinen kosteus voi laskea alle tavoitearvon pakkashuippujen aikana. Ilman suhteellinen kosteus tulee olla kuitenkin alle 60 %. Mittauksissa sovelletaan standardia SFS 5511.

TAULUKKO 5 Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot [5, s.5]

	S1	S2	S3
Operat. lämpötila t_{op} [°C]			
$t_u \leq 10^\circ\text{C}$	21,5*	21,5	21
$10 < t_u \leq 20^\circ\text{C}$	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$	$21 + 0,4 \times (t_u - 10)$
$t_u > 20^\circ\text{C}$	24,5*	24,5	25
Sallittu poikkeama tavoitearvosta [°C]	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Operat. Lämpöt. enimmäisarvo [°C]	$t_{op} + 1,5$	$t_u \leq 10^\circ\text{C}: t_{op} + 1,5$	$t_u \leq 15^\circ\text{C}: 25$
		$10 < t_u \leq 20^\circ\text{C}:$	$t_u > 15^\circ\text{C}: t_{umax} + 5$
		$23 + 4 \times (t_u - 10)$	
Operat. Lämpöt. vähimmäisarvo [°C]	20	20	18

* S1- luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava aseteltavissa tilakohtaisesti välillä $t_{op} \pm 1,5^\circ\text{C}$. Jos samassa tilassa on useampi henkilö, käytetään lämpötilan tavoite arvoina taulukossa esitettyjä arvoja.

4 SISÄILMAN TAVOITEARVOJEN ASETTAMINEN

Yksi rakentamisen tavoitteista on luoda hyvät sisäilmaolosuhteet. Sisäilman laatu vaikuttaa yksilöllisesti terveyteen ja viihtyisyyteen, mikä on myös huomioitava suunnittelu vaiheessa. Sisäilma siis vaikuttaa meihin eri tavoin riippuen sukupuolesta, iästä, terveyden tilasta ja psykologisista tekijöistä. [7, s.2.]

Sisäilman suunnittelu alkaa sisäilman tavoitteiden asettamisesta. Tavoitteet asetetaan yhdessä suunnittelijoiden, rakennuttajien kuin myös rakennuksen haltijan kanssa. Sisäilmaston tavoitteet asetetaan ja suunnitellaan sen mukaan. Tärkeimmät sisäilmaston tavoitteet ovat seuraavat [7, s.2.]:

- Huoneiden ylimmät ja alimmat lämpötilat
- Huoneiden lämpötilojen säätömahdollisuudet
- Alin suhteellinen kosteus talvella
- Ylin suhteellinen kosteus kesällä
- Huoneiden suurimmat ilman nopeudet oleskelutilassa
- Huonekohtaiset ilmavirrat.

Tavoitteiden määrittely on ensisijaisen tärkeää ja päätösten tekijällä, joka on yleensä rakennuttaja, tulee olla riittävästi tietoa eri vaihtoehtoista, investointi- ja käyttökustannuksista sekä sisäilman kustannuksien vaikutuksista terveyteen ja työtehokkuuteen. [7, s.2.]

Tavoitteiden asettelu tehdään hankesuunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheessa sisäilmaston tavoitteet kirjataan ylös tilakohtaisesti. Asetetuille arvoille esitetään eri keinoja, joilla päästään asetettuihin tavoitteisiin. Rakennusvaiheessa urakoitsija vastaa siitä, että työ tehdään riittävällä ammattitaidolla ja suunnitelmien mukaisesti. Tämän vuoksi on tärkeää pitää huolta riittävästä valvonnasta, tarkastuksista, laitteiden asennuksesta ja säädöstä sekä laitteiden vastaanotosta. Rakennuttajan on pidettävä huolta, että sisäilmatarkastuksiin varataan tarpeeksi aikaa. Rakennuksen käyttöönottovaiheessa tulee huolehtia että LVI-teknisten säätöjen ja viritysten osalta järjestelmä toimii suunnitelmien mukaisesti. Tämä varmistetaan ammattitaitoisella henkilökunnalla ja käyttäjäkoulutuksella. Sisäilmastoa tulisi valvoa säännöllisin ajoin mittauksien avulla. [7, s.2.]

5 PUUTTEELLISTEN LÄMPÖOLOSUHTEIDEN SYITÄ JA SEURAUKSIA

Sisäilmansuunnittelun yksi tärkeimmistä tehtävistä on huolehtia rakennuksen lämpöolojen hallinnasta. Lämpöolot muodostuvat ilman lämpötilasta ja ilmavirtauksien nopeudesta. Nämä vaikuttavat ihon ja ympäröivän ilman lämmönsiirtymiseen sekä säteilylämmönsiirtoon. Myös ilman kosteus vaikuttaa lämpötuntemukseen, etenkin jos kyseessä on fyysisesti raskas työ. Tämän vuoksi tilojen lämpötilat suunnitellaan työpaikoilla työn fyysisyyden ja työntekijöiden vaatetuksen mukaan. [7, s.2.]

5.1 Ilman lämpötilan vaikutus

Oikea huonelämpötila edistää terveyttä, vähentää tyypillisiä ”sairasrakennus” -oireita, parantaa tyytyväisyyttä sekä lisää työntekijöiden tuottavuutta. Liian korkea huonelämpötila vaikuttaa puolestaan elimistön kuormittumiseen samalla tavalla kuin raskas kuormittava työ alentaa henkistä ja fyysistä suorituskkyä. Korkea lämpötila kasvattaa ilman kosteutta sekä lisää tunkkaisuutta sekä sisäilmastosta aiheutuvia oireita. Liian korkea tai matala sisälämpötila voi aiheuttaa mm. kuivuuden tunnetta, hikoilua, hui- mausta, väsymystä, nuhaa ja yskää. [7, s.3.]

5.1.1 Ulkoiset lämpökuormat

Tilojen lämpötilat voivat nousta huomattavan korkealle etenkin kesäoloissa. Auringon säteily ja korkea ulkolämpötila vaikuttavat suoraan sisätilojen lämpötilaan. Tähän voidaan vaikuttaa jäähdytysjärjestelmien lisäksi myös ikkunoiden suojaamisella lämpösäteilyltä, käyttämällä raskaita rakenteita rakennuksissa, käyttämällä vähän lämpöä tuottavaa valaistusta tai estämällä ylimääräisen lämmön pääsyn tilaan sijoittamalla lämpöä tuottavat tilat erillisiin tiloihin. [7, s.3.]

5.1.2 Sisäiset lämpökuormat

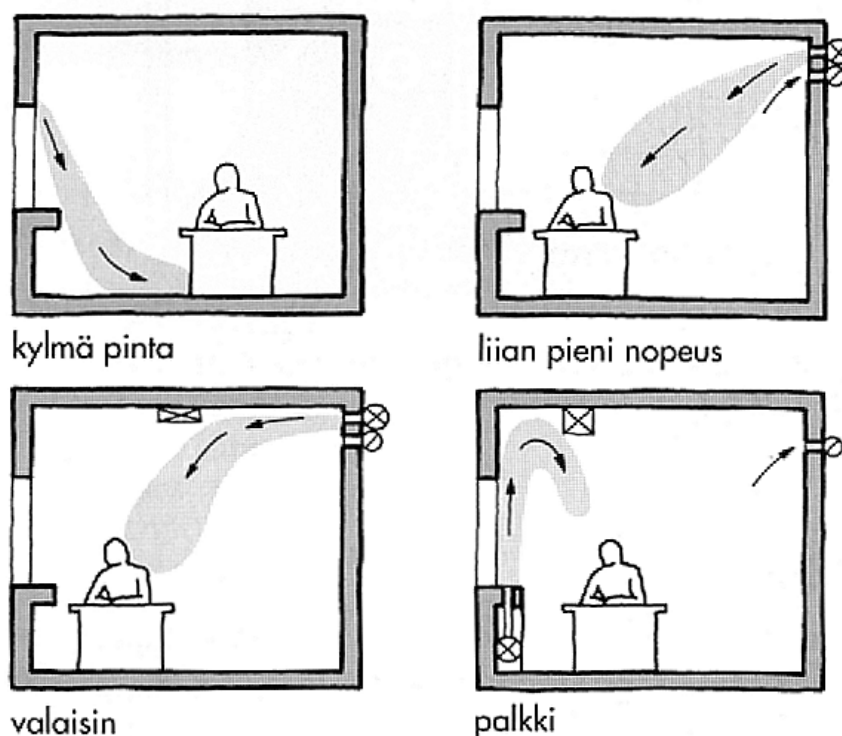
Rakennusten sisäiset lämpökuormat syntyvät ihmisten, valaistuksen ja laitteiden luovuttamasta ”ylimääräisestä” lämpökuormasta. Sisäisiä lämpökuormia voidaan hallita tehokkaasti jäähdytysjärjestelmillä. Lämpökuormiin voidaan vaikuttaa myös käyttämällä vähemmän lämpökuormaa tuottavia laitteita sekä lisäämällä erillinen ilman kohdepoisto tiloihin, joissa lämpökuormat ovat suuria. Rakennusten massiivisuus vaikuttaa myös huonelämpötilojen muutosnopeuteen. Rakennusten massa voidaan hyödyntää jäähdytystarpeen minimoimisessa. Rakenteet voidaan viilentää esimerkiksi yötuuletuksella, jolloin viileät rakenteet laskevat tilojen lämpötilaa päivällä. [7, s.4.]

5.2 Ilmanvirtaus nopeuden ja vedon vaikutukset

Vedon tunne syntyy ilman liikkeen, lämpötilan ja säteilylämmönsiirron vaikutuksesta. Vetoisuuden syntymiselle on monia syitä. Ilman suuntaaminen on yksi huomioitava asia. Liian suuri ilman nopeus oleskeluvyöhykkeelle aiheuttaa helposti vedon tunnetta. Lisäksi esteet ilmavirran tiellä voivat aiheuttavat ilmavirran suuntauksen väärään paikkaan. Esteitä voivat olla esimerkiksi valaisimet tai huonekalut (kuva 2). Voimakkaan ilman virtausnopeuden voi aiheuttaa myös tilan kylmien pintojen ja lämpimän ilman yhteisvaikutus. Kylmä pinta jäähdyttää ilmaa, jonka vuoksi ilma liikkuu alaspäin ja voi aiheuttaa vetoa. Tämän vuoksi esimerkiksi lämmityspatterit asetetaan ikkunoiden alle estämään ulkoa vuotava kylmä ilma lattialle. Kylmä pinta voi olla myös ulkoseinä, joka on eristetty huonosti. Vedon määrää voidaan rajoittaa ikkunoiden kokoa pienentämällä, sijoittamalla lämmityslaite ikkunan alapuolelle tai puhalttaa lämmintä ilmaa kylmän pinnan alapuolelta. [7, s.5.]

Vedon tunne sellaisena kuin se esiintyy suomalaisissa rakennuksissa ei aiheuta terveydellisiä haittoja. Sillä on kuitenkin vaikutus viihtyisyyteen ja työtehokkuuteen varsinkin sisäilman lämpötilan ollessa alhainen. [6, s.36.]

Korkeissa lämpötiloissa ilman virtausnopeudesta on hyötyä, sillä se vaikuttaa ihon viilenemiseen ja voi näin lisätä viihtyisyyttä. Tyypillisiä vedon aiheuttamia oireita ovat palelu, toimintakyvyn aleneminen ja tuki- ja liikuntaelinsairaudet. [3.]

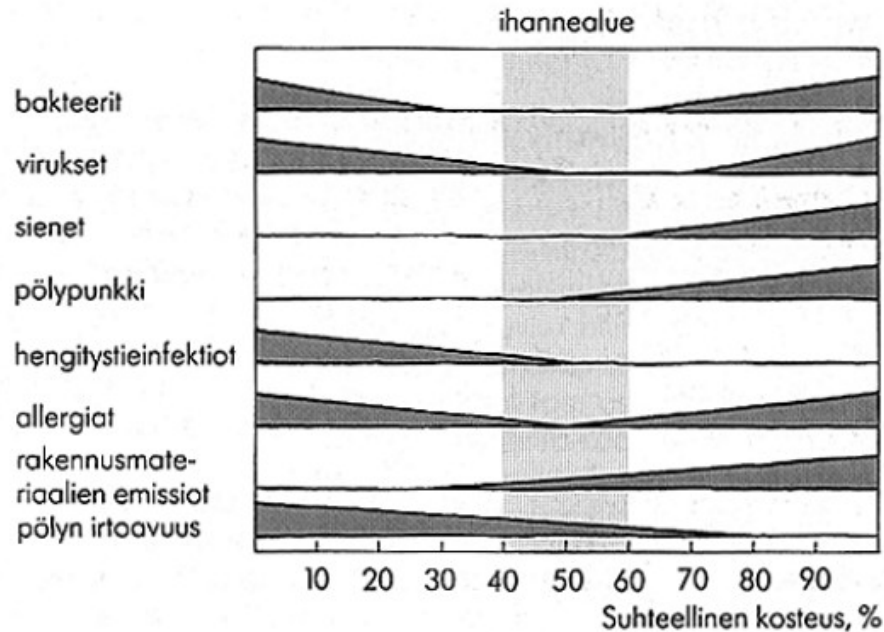


KUVA 2. Esimerkkejä tilanteista, joissa ilmavirtaus voi aiheuttaa vetoa [7, s.5]

5.3 Ilman kosteuden vaikutus

Ilman kosteus vaikuttaa myös viihtyisyyteen ja terveyteen. Korkeat yli 60 % ja alhaiset alle 30 % suhteelliset kosteudet voidaan aistia iholla, limakalvoilla ja hengityselimissä. Suomessa ulkoilman suhteellinen kosteus on lähes aina korkealla. Lämmityksissä tiloissa suhteellinen kosteus talvella vaihtelee noin 10–20 % välillä. Talvisin kosteus on varsinkin toimistotyöntekijöille yleisin viihtyisyyteen vaikuttava sisäilma ongelma. Alhainen suhteellinen kosteus aiheuttaa limakalvojen kuivumista ja ärsytysoireita. Liian korkea suhteellinen kosteus voi puolestaan aiheuttaa rakennusvaurioi-

ta. Tyypillisiä sisäilman kosteudesta aiheutuvia oireita ovat hengitysoireet, silmien sidekalvojen kuivuminen ja ihon kuivuminen (kuva 3) [7, s.5.]



KUVA 3. Ilman kosteuden aiheuttamia oireita. Viivan leveys on verrannollinen tekijän suuruuteen [7, s.5]

5.4 Allergikot

Hengitysilman huononeminen ei vaikuta terveeseen ihmiseen, mikäli se on lyhytaikaista. Ongelma on suurempi allergikoille. Vuoden 1988 tietojen mukaan aikuisväestöstä 15 – 20 % sairastaa allergista nuhaa, 2 – 6 % astmaa, 2 – 5 % atooppista ihottumaa ja 15 % kosteusallergiaa. Etenkin allergikot kärsivät huonosta sisäilmasta, sillä he reagoivat herkemmin sisäilman vaikutuksiin. [11.]

6 VAATETUS JA AINEENVAIHDUNNAN TASO

Viihtyisään sisäilmastoon vaikuttaa myös asukkaiden/työntekijöiden vaatetus ja aineenvaihdunnan taso. Nämä kaksi tekijää vaikuttavat jo suunnitteluvaiheessa, kun rakennukselle valitaan sopivaa optimaalista lämpötilaa.

6.1 Optimilämpötila

Optimilämpötilalla tarkoitetaan sitä ilman lämpötilan ja säteilylämpötilan yhdistelmää, jolloin tyytymättömien osuus on minimissään. Tyytymättömien osuus optimilämpötilassa riippuu henkilöiden aineenvaihdunnan ja vaatetuksen tasosta. Optimilämpötilassa, kun henkilöillä on sama vaatetus ja aineenvaihdunnan taso, on noin 95 % tyytyväisiä lämpöaistimukseen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että enintään 80 % on tyytyväisiä lämpöolosuhteisiin optimilämpötilassa, sillä vaatetus ja aineenvaihdunnantaso ei ole kaikilla aivan sama. [8, s.2.]

6.2 Vaatetus ja clo-arvo

Vaatetus on tärkein henkilökohtainen lämmönsuoja. Vaatetus hidastaa lämmön poistumista elimistöstä ja edesauttaa pitämään yllä lämpötasapainoa. Etenkin pään suojaaminen on erityisen tärkeää, sillä pään kautta poistuu huomattava määrä lämpöenergiaa. Jalkineet ja niiden pintamateriaali valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Myös jalkojen kautta poistuu paljon lämpöä, joten jo pelkästään hyvillä kengillä voidaan rajoittaa kehon lämmönsiirtymistä ympäristöön. Vaatetuksen määrää vaihdellaan lämpöolojen, työn aktiivisuustason ja omien lämpöolotuntemusten mukaan. [9.]

Vaatetuksen tulisi olla tasaisesti kehon ympärillä. Näin saadaan taattua tasainen lämpöviihtyisyys ympäri kehoa, eikä paikallista kylmän/kuuman tunnetta ole. Kehon osat kuten kädet ja kasvot asettavat operatiivisen lämpötilan alarajaksi 18 - 20°C, kun kyseessä on kevyt istumatyö. Tämän rajan alapuolelle ei tulisi mennä vaikka vaatetusta lisäisikin, sillä alhainen lämpötila vaikuttaa esim. sorminäppäryyteen. Tutkimusten perusteella noin 20 % henkilöistä kokee lämpöolosuhteet epämiellyttäväksi kun operatiivinen lämpötila on 20°C. [8, s.3.]

Vaatteiden lämmön eristävyyttä mitataan clo-arvolla. Se on lämpövastuksen yksikkö. ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$). Tyypillisessä toimistotyössä, joka on pääosin istumatyötä, sopiva clo-arvo on 0,9 – 1,0 clo välillä. Tämä arvo on talviolosuhteilla (sisäilman lämpötila 20°C). Kesäisin sopivaksi clo-arvoksi riittää 0,5 (sisälämpötila 24 °C). Kyseisen kohteen työntekijöiden clo-arvo vaihtelee 0,5 – 1,0 välillä (taulukko 6). [8, s.1.]

TAULUKKO. 6 Eräiden vaatekokonaisuuksien lämmöneristävyyksiä [8, s.2]

Vaatetus	Vaatetuksen Clo arvo
Alushousut, shortsit, T-paita, sukat ja sandaalit	0,3
Alushousut, lyhythihainen paita, ohuet housut, sukat ja kengät	0,5
Alushousut, paita, housut ja kengät	0,7
Alushousut, alushame, hame, paita, paksut polvisukat ja kengät	0,8
Alushousut, paita, hame, takki, liivit ja kengät	1,0
Alushousut, paita, housut, takki ja kengät	1,0

6.3 Aineenvaihdunnan taso

Aineenvaihdunnan taso (met) kuvaa aineenvaihdunnan tehokkuutta. Tämä riippuu työstä ja sen fyysisestä rasituksesta. Aineenvaihdunnan taso vaikuttaa optimilämpötilaan ja sen suuruuteen yhdessä vaatetuksen määrän kanssa. Kyseisen kohteen työntekijöiden aineenvaihdunnan taso vaihtelee noin 1,1 – 2,0 met välillä (taulukko 7).

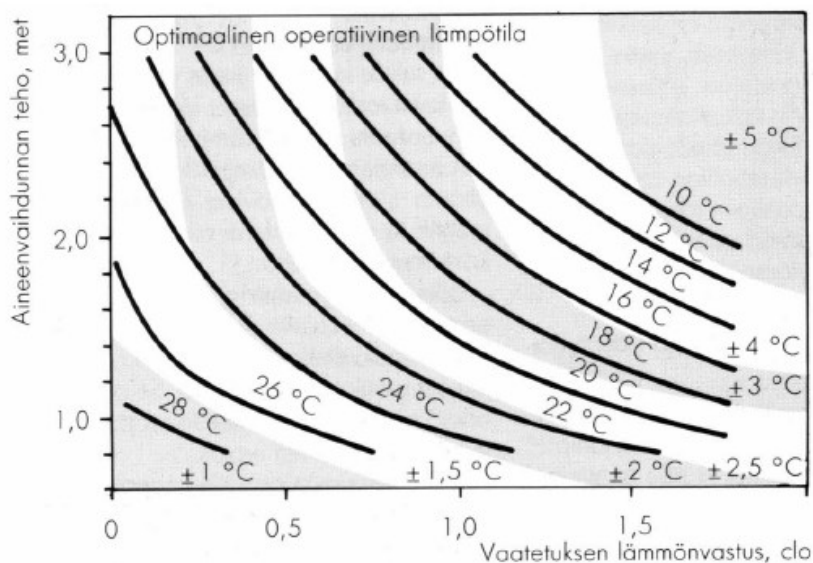
[8, s.2.]

TAULUKKO. 7 Aineenvaihdunnan taso aktiivisuudesta riippuen [8, s.2]

Toiminta	Aineen vaihdunnan taso, met
Nukkuminen	0,8
Konekirjoitus	1,1
Toimistotyö	1,2
Seisominen	1,2
Kevyt seisomatyö	1,6
Normaali seisomatyö	2,0

1 met = $58,2 \text{ W/m}^2$, mikä vastaa 105 W suuruista lämpötehoa keskikokoisella miehellä (pituus 1,75m, paino 75kg, ihon pinta-ala $1,8\text{m}^2$)

Kuvasta 4 voi tarkastella vaatetuksen ja aineenvaihdunnan tason vaikutusta optimilämpötilaan. Kyseisen rautakaupan työntekijöiden vaatetuksen lämmöneristävyyden ollessa 1,0 clo ja aineen vaihdunnantason ollessa 1,5 met tulisi operatiivisen lämpötilan olla noin 20 °C.



KUVA 4. Optimaalisen lämpötilan arvot aineenvaihdunnasta ja vaatetuksen lämmöneristävydestä riippuen [8, s.2]

7 SISÄILMATUTKIMUKSEN HYÖDYT

Lämpöoloja tarkastellessa on ensisijaisen tärkeää ymmärtää ja tunnistaa eri osatekijöiden vaikutus. Vedon tunne, matalat pintalämpötilat ja liian korkea tai matala huonelämpötila voivat johtua rakennuksen eristepuutteiden lisäksi myös ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien toiminnasta ja yhteisvaikutuksesta. Tämän vuoksi suunnitteluvaiheessa tulee huomioida rakennukselle asetetut lämpöolotavoitteet ja ne tulee myös toteuttaa oikeiden menetelmien mukaan. Näin voidaan välttää kalliit ja vaikeat korjausrakot. [10, s.43–44.]

Käytöstä johtuvien puutteiden korjaaminen on sen sijaan paljon helpompaa ja edullisempaa. Korjaustöissä tulee ottaa huomioon sisäilman terveydellinen näkökulma. Rakennuksen sisäilman laadun parantamiseen tehdyt korjaustyöt voivat kuitenkin keskittyä epäoleellisiin asioihin. Näin sisäilmasta aiheutuvat terveydelliset haitat voivat ajan myötä kehittyä ja pahentaa tilannetta. Tämän vuoksi on tärkeää tutkia rakennuksen kunto ennen kuin ollaan tilanteessa, jossa joudutaan suorittamaan kalliita ja vaikeita korjaustoimenpiteitä. [6, s.26.]

Huonon sisäilmaston vaikutukset näkyvät myös kansantaloudessa. Huonon sisäilman aiheuttamien kustannusten on arvioitu olevan yli 3 miljardia euroa vuodessa

(600€/asukas, Seppänen/Palonen 1997). Tämä ylittää rakennusten lämmityskustannukset. Arvioon on otettu huomioon kaikki sisäilmasta aiheutuneiden sairauksien kustannukset. Tämän vuoksi hyvällä suunnittelulla ja sisäilmasto-oloilla voidaan pienentää työntekijöiden sairastelusta aiheutuvia kustannuksia. Taloudelliset vaikutukset ovat myös merkittäviä. Seuraavassa listassa on esitelty hyvän sisäilman vaikutuksia eri ryhmiin: [11.]

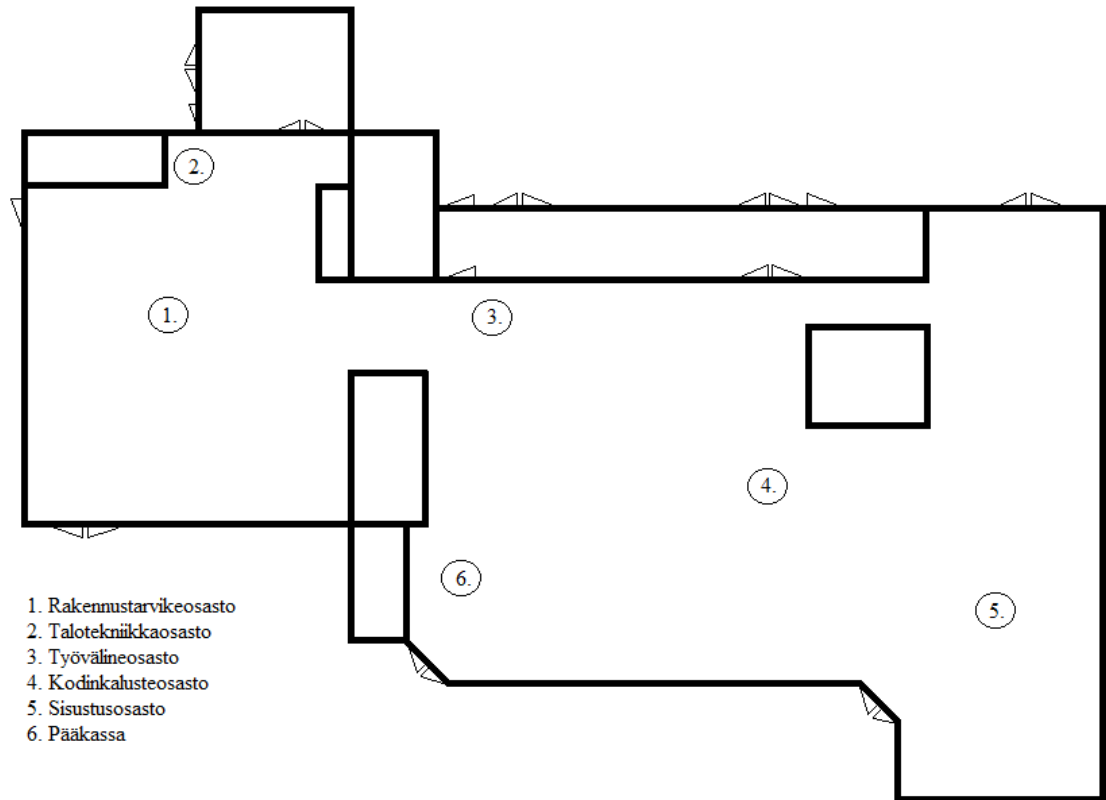
- Työntekijät: Terveys ja viihtyisyys paranee
- Työnantajat: Parempi tuottavuus ja sairaskulujen pieneminen
- Kiinteistön omistajat: Parempi tuotanto, kiinteistön arvo säilyy paremmin ennallaan
- Palvelujen tuottajat: Liiketoiminta lisääntyy
- Yhteiskunta: Sairastavuus pienenee

8 TUTKIMUSKOHDDE

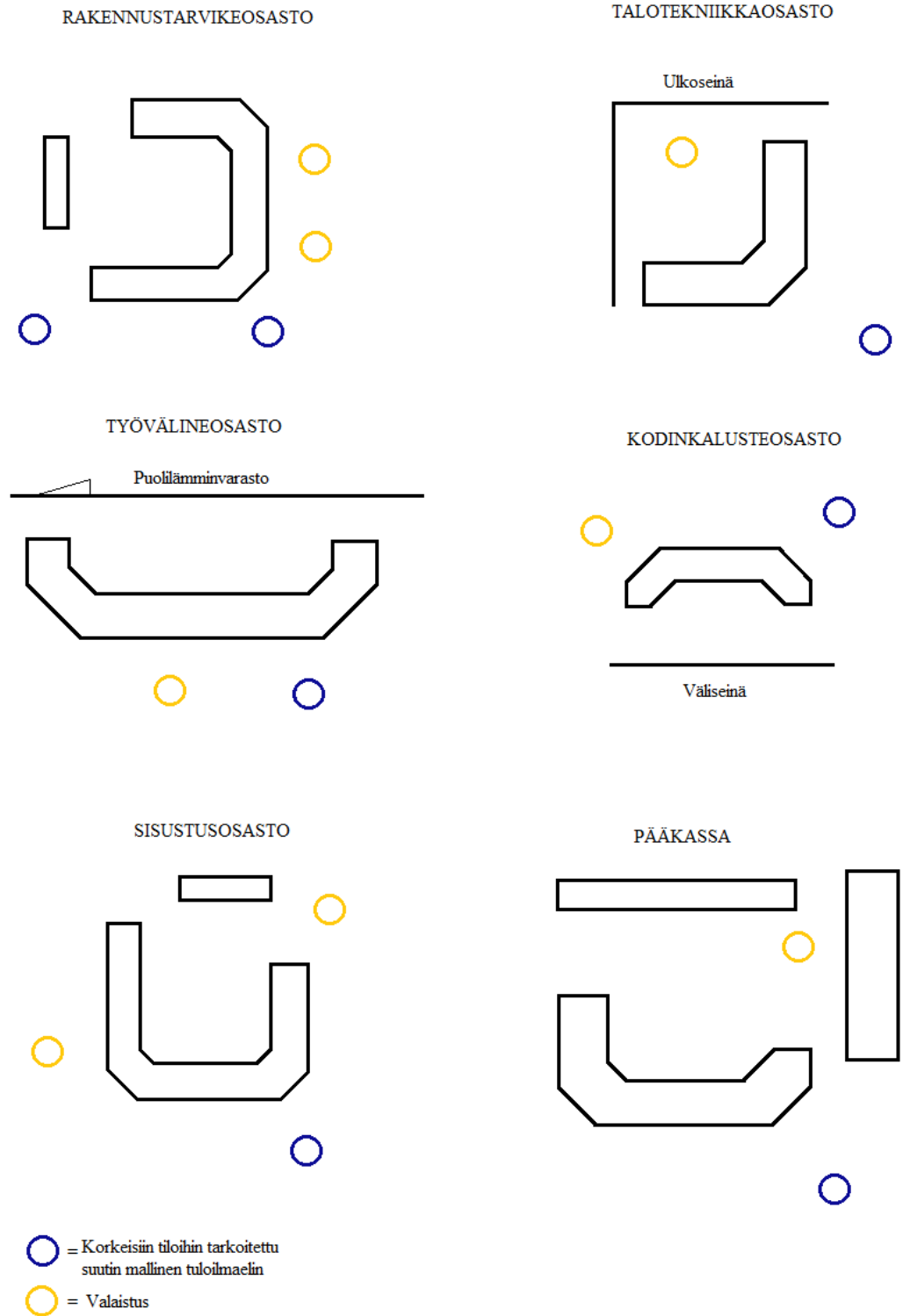
Kyseessä on rautakauppa, jossa työskentelee noin 50 työntekijää. Rautakaupan remontin valmistuttua myymälän pinta-ala kasvoi 3800m²:stä 5800m²:iin. Lisäpinta-ala tuli viereisen liiketilan liittyttyä myymälään. Entisen liiketilan tiloihin siirtyi LVI- ja rakennustarvikeosasto.

Tämän opinnäytetyön kannalta rakennus voidaan jakaa kolmeen eri osaan (kuvat 5 ja 6). Näitä ovat vanha myymälä, uusi myymälä sekä välivarasto. Näiden osien erottelu on tärkeää, sillä vanhaa ja uutta myymälää palvelevat eri ilmanvaihtolaitteet. Lisäksi välivarastossa on 2 nosto-ovea, jotka ovat joittain auki myymälään. Välivaraston läheisyydessä sijaitsee työvälineosasto sekä kodinkalusteosasto.

Myymälää palvelee kaksi ilmanvaihtokonetta. Toinen palvelee myymälään uutta tilaa ja toinen vanhaa tilaa. Molemmissa IV-koneissa on vesikiertoiset patterilämmittimet, sekä levylämmönsiirtimet. Myymälä on liitetty kaukolämpöverkostoon.



KUVA 5. Myymälän pohjapiirustus ja osastojen sijainnit



KUVA 6. Osastojen pohjapiirustukset sekä tuloilmaelimet ja valaistus

8.1 Rakennustarvikeosasto

Rakennustarvikeosasto sijaitsee myymälän uuden rakennuksen puolella. Osastoa palvelee sama IV-kone kuin myös talotekniikkaosastoa. Muita osastoja palvelee eri IV-kone (vanha myymälä). Myyntipisteellä työskentelee 6 henkilöä. Osasto sijaitsee lähes keskellä myymälää, eikä lähettyvillä ole ulkoseiniä tai ulko- ovia. Rakennustarvikeosasto on yksi kiireellisimmistä työpisteistä lukuun ottamatta pääkassaa. Tämän vuoksi juuri tällä osastolla suoritettiin hiilidioksidipitoisuusmittaukset, sillä osastolla arveltiin pitoisuuksien olevan korkeimmalla.

8.2 Talotekniikkaosasto

Talotekniikkaosasto sijaitsee myymälän uuden rakennuksen puolella. Osastoa palvelee sama IV-kone kuin myös rakennustarvikeosastoa. Muita osastoja palvelee eri IV-kone (vanha myymälä). Myyntipisteellä työskentelee 4 henkilöä. Osasto sijaitsee myymälän nurkkauksessa, jonka lähettyvillä on nosto-ovi, joka on avoin ulkoilmaan ajoittain.

8.3 Työvälineosasto

Työvälineosasto sijaitsee myymälän ”vanhalla” puolella. Osasto sijaitsee lähellä käytävää, joka yhdistää remontin jälkeisen uuden myymälän ja vanhan myymälän. Osasto on vasten väliseinää jonka toisella puolella on puolilämmin varasto, jota lämmittää puhallin patterit. Osastolla työskentelee 5 henkilöä.

8.4 Kodinkalusteosasto

Kodinkalusteosasto sijaitsee myös myymälän vanhalla puolella. Se sijaitsee lähes keskellä myymälää. Osaston lähellä on kuitenkin varaston nosto-ovi, joka on ajoittain auki ja voi aiheuttaa vedon tunnetta, mikäli ulkoilman lämpötila on alhainen. Myyntipisteellä työskentelee 3 työntekijää tämän opinnäytetyön tekohetkellä.

8.5 Sisustusosasto

Sisustusosasto sijaitsee myymälän uuden rakennuksen puolella. Myyntipisteellä työskentelee 6 henkilöä tällä hetkellä. Osasto sijaitsee myymälän nurkassa, jonka lähettyvillä on nosto-ovi, joka on ajoittain avoin ulkoilmaan.

8.6 Pääkassa

Pääkassa sijaitsee myymälän vanhalla puolella. Kassalla työskentelee 5 henkilöä tämän opinnäytetyön tekohetkellä. Kassan lähellä sijaitsee pääsisäänkäynnin ovi, joka on usein auki.

9 KÄYTETYT MENETELMÄT

Kohteessa tehtiin sekä sisäilmakysely, että mittauksia. Kyselyn avulla oli tarkoitus selvittää työntekijöiden tuntemuksia sisäilman lämpötilasta, kosteudesta ja vedosta. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, mitä oireita työntekijöillä oli ollut. Työntekijät arvioivat, millaiset lämpöolosuhteet heidän omalla työpisteellään on.

Mitattavat sisäilmatekijät olivat ilman lämpötila, operatiivinen lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja ilman virtausnopeus. Nämä mittaukset suoritettiin kaikilla myymälän työpisteillä. Hiilidioksidimittaus tehtiin vain rakennustarvikeosastolla ja vertailun vuoksi myös ulkoilmassa. Lisäksi mittauksia tehtiin ulkoilman ja välivaraston ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Kaikki mittaukset suoritettiin 18.10.2012. Osastojen ilman virtausnopeudet, lämpötila ja suhteellinen kosteus mitattiin 30 minuutin välein. Ensimmäisen osaston mittaukset suoritettiin klo 14:00 ja viimeisen osaston klo 16:30. Mittaukset suoritettiin standardien SFS 5511 ja SFS 5512 mukaisesti. [17;18.]

9.1 Lämpötilan ja kosteuden mittaaminen työpisteillä

Työpisteiden ilman lämpötilan ja kosteuden mittaaminen tapahtui dataloggerien avulla. Loggerit asetettiin 1,1 m:n korkeudelle työpisteissä ja ne rekisteröivät ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta 1 minuutin välein. Mittausaika oli klo 8:00 ja 19:00

välillä, eli mittaus aloitettiin tunti myymälän aukeamisen jälkeen ja lopetettiin tunti ennen sen sulkemista. Kaikki dataloggerit asetettiin samaan aikaan mittaamaan lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

9.2 Ilman virtausnopeuden mittaaminen työpisteillä

Ilman virtausnopeudet mitattiin jokaisella työpisteellä Swema air 300-kuumalankaanemometrilla ja olosuhdeanturilla. Mittaus kesti 3 minuuttia jokaisella työpisteellä ja niitä tehtiin 1 kerran/työpiste. Mittauksista otettiin ylös ilman virtausnopeuden keskiarvo sekä minimi- ja maksimiarvo. Mittari asetettiin paikkaan, jossa virtausnopeuden arveltiin olevan suurimmillaan ja että häiriötekijöitä olisi mahdollisimman vähän.

9.3 Operatiivisen lämpötilan mittaus työpisteillä

Operatiivisen lämpötilan mittaukseen käytettiin siihen soveltuvaa pallolämpömittaria. Mittaus suoritettiin jokaisella työpisteellä yhden kerran. Mittauksessa pallolämpömittari asetettiin 1,1 m:n korkeudelle. Kun mittari oli asetettu paikalleen, odotettiin noin 30 minuuttia, jotta mittarin lukema tasaantui. Mittaustulos merkittiin muistiin, jonka jälkeen mittari siirrettiin seuraavaan työpisteeseen.

9.4 Hiilidioksidimittaus rakennustarvikeosastolla ja ulkoilmassa

Hiilidioksidimittaus suoritettiin vain rakennustarvikeosastolla ja ulkoilmassa. Mittaus suoritettiin klo 8:00 – 19:00 välisenä aikana ja pitoisuuksia tallennettiin 1 minuutin välein. Rakennustarvikeosastolla mittari sijoitettiin paikkaan, jossa oletettiin olevan vähiten häiriötekijöitä. Mittauskorkeus oli 1,1m:n korkeudella lattiapinnasta. Ulkoilmaan asetettu mittari laitettiin paikkaan, jossa mittarin lähettyvillä arveltiin olevan mahdollisimman vähän ihmisiä. Näin välttyttiin häiriötekijöiltä.

9.5 Ulkoilman ja välivaraston lämpötilan ja kosteuden mittaus

Ulkoilman lämpötilan ja kosteuden mittaamiseen käytettiin myös dataloggereita. Loggerit asetettiin myös tallentamaan arvoja 1 minuutin välein klo 8:00 – 19: 00 välisenä aikana. Mittari asetettiin paikkaan, jossa häiriötekijöitä oli mahdollisimman vähän.

Mittari asetettiin tarpeeksi kauas rakennuksen sisäänkäynneistä, jotta saatiin mahdollisimman tarkkoja tuloksia ulkoilman lämpötilasta ja kosteudesta.

Rakennuksen välivarastolle mittaukset suoritettiin samalla periaatteella. Välivarastoon asetettiin 2 dataloggeria, varaston molempiin päätyihin. Yksi mittari asetettiin mittaamaan ”uuden” myymälän puoleiseen varastoon.

9.6 Mittauspöytäkirjat

Mittauspöytäkirjoihin merkittiin muistiin kaikki mitattavat tulokset (liite 2). Sen lisäksi pöytäkirjaan tuli seuraavat merkinnät:

- Mittausajankohta
- Mittauspaikka (työpiste)
- Mittaajan nimi
- Mittausmenetelmä ja laitteet
- Sääolosuhteet (mm. ulkoilman lämpötila/kosteus)
- Mahdolliset häiriöt
- Lisätiedot

9.7 Sisäilmakysely ja oirekysely

Sisäilmakysely (liite 1) ja oirekysely kohdistettiin rautakaupan työntekijöille. Kyselyyn vastasi 24 työntekijää kaikilta eri työpisteiltä. Työntekijät vastasivat kysymyksiin ja arvioivat näin oman työpisteensä lämpöolosuhteiden laatua. Lisäksi työntekijät arvioivat oireita joita heillä on ollut viime aikoina. Kyselyn tarkoituksena oli saada tietoa rautakaupan lämpöolosuhteiden laadusta. Näin saatiin myös mittaustuloksille vertauskohde.

10 MITTAUSLAITTEET

Seuraavassa osiossa on esitelty mittareita, joita käytettiin tässä tutkimuksessa. Sisäilmatutkimusta tehdessä on huomioitava mittareiden toimivuus ja niiden oikea käyttö-

tapa. Lisäksi mittareilla tulee olla voimassa oleva kalibrointitodistus, jotta mittaustulokset olisivat luotettavia.

10.1 Dataloggeri EBI 20-TH

EBI 20-TH dataloggeri on tietokoneohjelmalla ohjelmoitava lämpötila- ja kosteusmittari (kuva 7). Dataloggerit voidaan ohjelmoida mittaamaan arvoja halutuin väliajoin. Saadut arvot voidaan purkaa tietokoneelle ja ohjelmisto antaa arvot sekä taulukko-että kaavamuodossa.

Mittauksissa käytettiin 10 loggeria. Mittareiden välinen epätarkkuus kompensoitiin ennen mittauksen aloittamista. Tämä tapahtui siten, että mittarit asetettiin vierekkäin, jonka jälkeen luettiin sen hetkelliset lämpötila ja kosteus arvot. Kun mittarien näyttämät olivat tasaantuneet, verrattiin näitä arvoja keskenään. Tämän jälkeen tarkistettiin mittareiden väliset mittauserot, jotka merkittiin ylös, jotta nämä lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvojen väliset erot voitiin kompensoida keskenään, kun varsinainen mittaus oli suoritettu.

Valmistajan antamien tietojen mukaan:

- Lämpötilan mittausalue -30...+60 °C
- Suhteellisen kosteuden mittausalue 0...100 %
- Tarkkuus $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$



KUVA 7. Data loggeri, EBI-20TH lämpötilan ja kosteuden mittaukseen [13]

10.2 Lämpötila ja kosteusmittari Vaisala HM-34

Lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden hetkelliseen mittaukseen käytettiin Vaisala HM-34-mittaria (kuva 8). Mittarilla mitattiin ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ilman virtausnopeuden yhteydessä. Myös ulkoilman lämpötila ja kosteus mitattiin ilman virtausnopeuden mittauksen jälkeen.

Valmistajan antamien tietojen mukaan:

- Lämpötilan mittaustalue $-20...60^{\circ}\text{C}$
- Suhteellisen kosteuden mittaustalue $0...100\%$
- Tarkkuus $\pm 2\%$



KUVA 8. Vaisala HM-34 lämpötila ja kosteusmittari [14]

10.3 Pallolämpömittari

Pallolämpömittarilla mitattiin ilman operatiivista lämpötilaa (kuva 9). Mittarin sisällä on normaali lämpötilamittari, joka on suljettu mustaan mattapintaiseen palloon. Mittari asetettiin haluttuun paikkaan, jolloin odotettiin lämpötilan tasaantumista noin 30 minuuttia, minkä jälkeen lämpötila oli luettavissa.



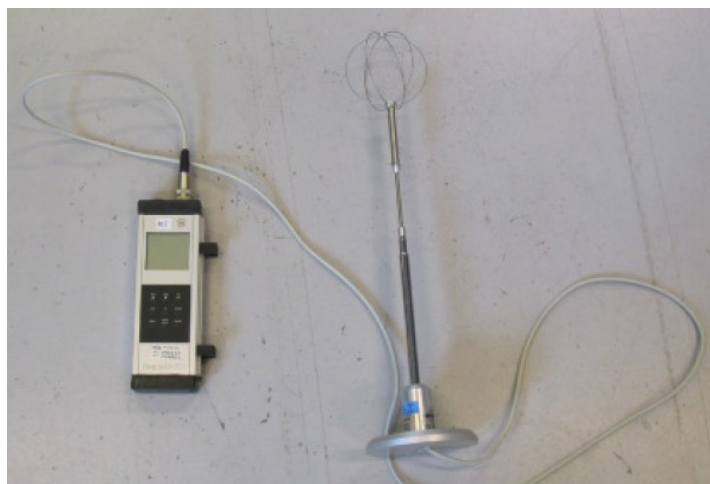
KUVA 9. Operatiivisen lämpötilan mittaukseen tarkoitettu pallolämpömittari [19]

10.4 Swema air 300 ja olosuhdeanturi ilman virtausnopeuden mittaamiseen

Ilmanvirtausnopeuden mittaamiseen käytettiin siihen soveltuvaa kuumalanka-anemometriä (kuva 10). Mittariin liitettiin olosuhdeanturi, joka mittasi ilman virtausnopeuden virtauksen suunnasta riippumatta. Mittarin voi ohjelmoida rekisteröimään halutulla aikavälillä ilman virtausnopeuden keskiarvo sekä maksimi- ja minimiarvot

Valmistajan antamien tietojen mukaan:

- Ilman virtausnopeuden mittausalue 0,05 m/s – 3,0 m/s
- Tarkkuus $\pm 3 \%$ (1 m/s – 3 m/s)



KUVA 10. Ilmanvirtausnopeus mittari Swema air 300 + olosuhdeanturi [15]

10.5 Hiilidioksidimittari TSI IAQ-CALC 7535

Hiilidioksidipitoisuuden mittaamiseen käytettiin TSI IAQ-CALC 7535-mittaria (kuva 11). Mittarin anturin toiminta perustuu diffuusioon. Mittari ilmoittaa pitoisuuden ppm (parts per million) yksikössä. Mittauksia tehdessä on huomioitava, ettei anturin lähellä ole ihmisiä, sillä ihmisen uloshengitysilma ylittää 10.000ppm hiilidioksiditason. Jos anturiin pääsee uloshengitys ilmaa, voi kestää useita minutteja, ennen kuin anturi tasaantuu huonetilan hiilidioksidipitoisuuteen. [12.]

Valmistajan antamien tietojen mukaan:

- Mittausalue 0-5000ppm
- Tarkkuus $\pm 3 \%$
- Resoluutio 1ppm
- Maksimi RH 80 %



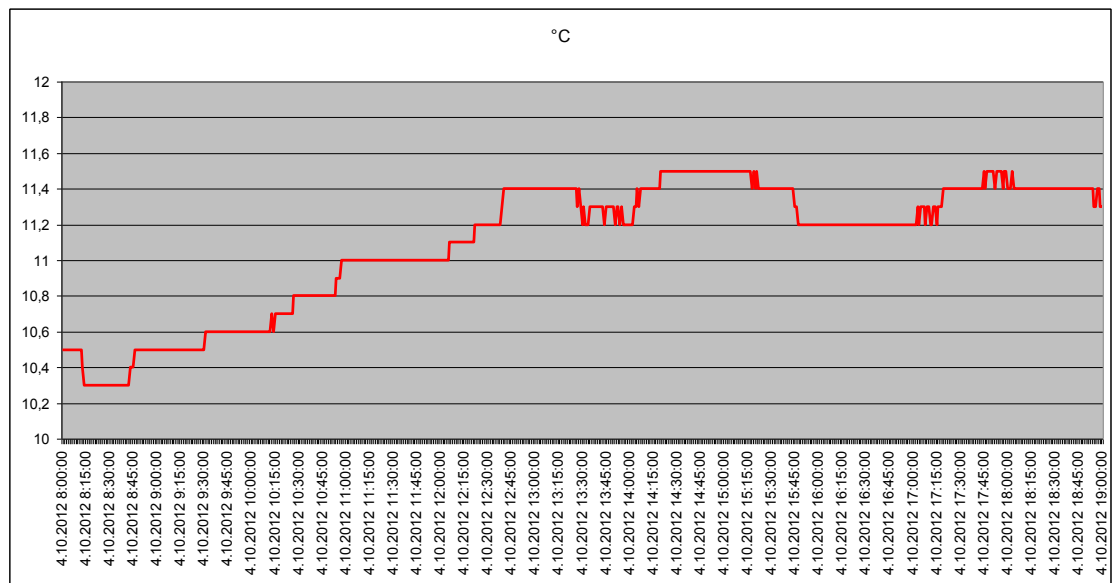
KUVA 11. Hiilidioksidimittari TSI IAQ-CALC 7535 [16]

11 TULOKSET

Sisäilman mittaustulokset on esitetty osastoittain. Lämpötila- ja kosteusmittaukset on esitelty kuvaajana, joka esittää lämpötilan ja kosteuden vaihtelua yhden työpäivän aikana (klo 8:00 – 19:00). Ilman virtausnopeutta tarkastellessa on huomioitu mittausajankohdan lämpötila sekä kosteus niin sisäilmasta kuin myös ulkoilmasta. Mittaustu-

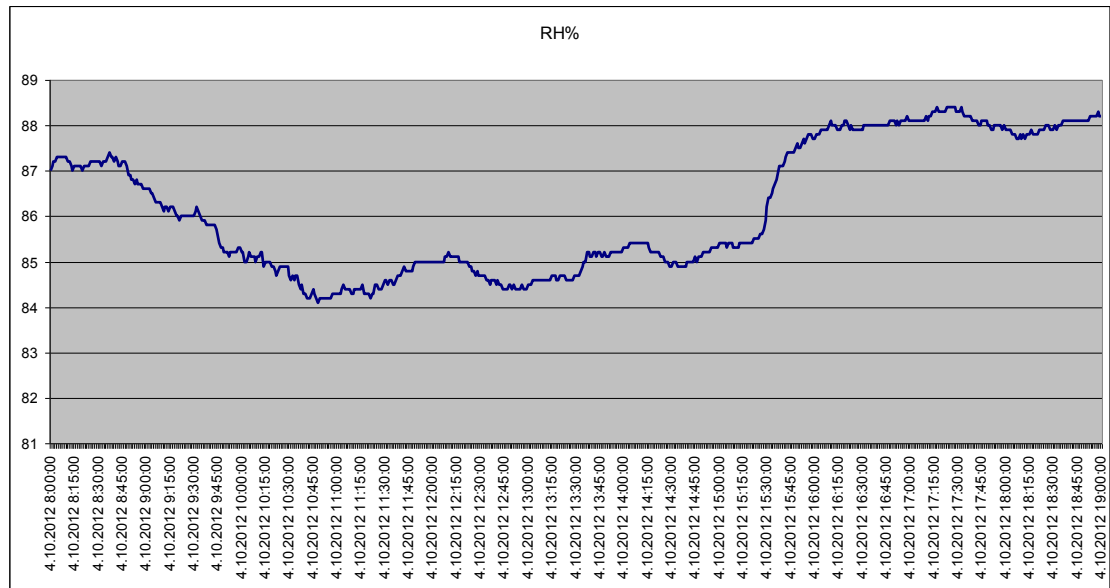
lostien lisäksi myös mahdolliset häiriötekijät on ilmoitettu. Rakennustarvikeosaston CO₂- ja ulkoilman CO₂ pitoisuudet on liitetty samaan graafiseen kuvaajaan, jossa esitetään pitoisuudet yhden päivän aikana. Tuloksia on syytä tarkastella kokonaisuutena, sillä eri sisäilmatekijät vaikuttavat yhdessä työntekijöiden terveyteen ja viihtyisyyteen.

Ulkoilman lämpötila vaihteli 10,3 – 11,5 °C välillä (kuva 12). Lämpötila kohosi noin asteen verran iltaan kohden.



KUVA 12. Ulkoilman lämpötila mittauspäivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

Ulkoilman kosteus vaihteli 84,1 – 88,2 %:n välillä. Kosteus laski aamun jälkeen ja oli matalimmillaan noin klo 10:30. Mittauspäivänä satoi vettä noin klo 15:00, mikä jatkui mittauksien loppuun asti. Tämä on havaittavissa kuvaajassa 13 kun kosteus nousee noin 3 % 20 minuutin ajassa.

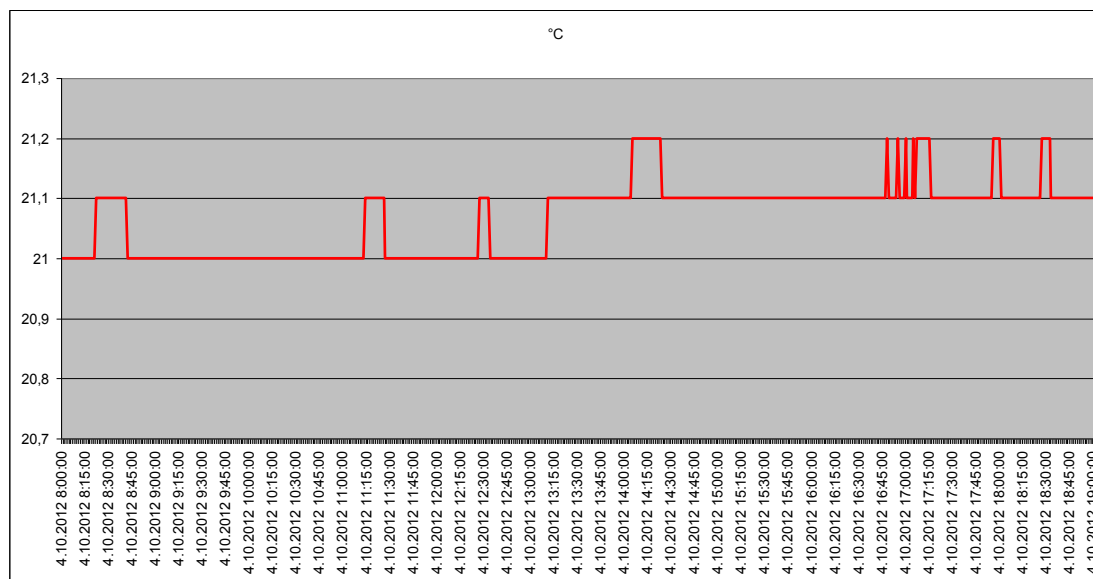


KUVA 13. Ulkoilman suhteellinen kosteus mittauspäivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

11.1 Rakennustarvikeosasto

11.1.1 Lämpötila tulokset

Lämpötilamittaustulokset rakennustarvikeosastolla on kuvassa 14. Lämpötilavaihtelua oli hyvin vähän. Lämpötilan oli matalimmillaan 21,0 °C ja korkeimmillaan 21,2 °C. Ulkoilman lämpötila mittauspäivänä vaihteli 11,1 - 12,6 °C.



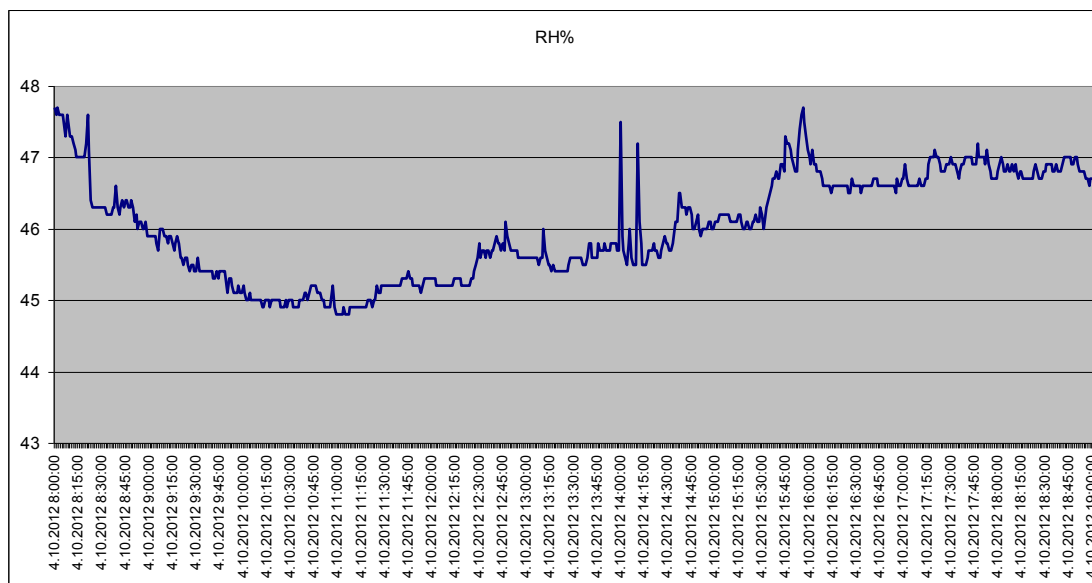
KUVA 14. Rakennustarvikeosaston lämpötilavaihtelu yhden päivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 antaa kaupan kiinteän työpisteen lämpötilan tavoitearvoksi 21 °C (taulukko 3). Lämpötila poikkeama oli 0,2 °C enimmillään. Vähäinen lämpötilan vaihtelu edes auttaa sisäilman kokemista viihtyisäksi. Lämpötilan ollessa lähellä optimilämpötilaa (D2 tavoitearvo) voidaan olettaa, että osaston työpisteellä on viihtyisät ja terveelliset työolosuhteet, ellei siellä esiinny joitakin muita haittekijöitä.

Operatiivinen lämpötila oli hieman matalampi, 20,6 °C. Operatiivinen lämpötila mitattiin yhden kerran klo 14:00. Tulos ylittää sisäilmastoluokituksen parhaaseen tasoon eli S1 tasoon, jonka tavoitearvo operatiiviselle lämpötilalle on 20 - 21,5°C (taulukko 5). Operatiivinen lämpötila oli 0,7 °C vähemmän kuin normaali lämpötila. Tämän on voinut aiheuttaa sisäilman lämpötilaa viileämpi pinta. Tällaista ei kuitenkaan havaittu mittauksen suorituksen aikana.

11.1.2 Suhteellisen kosteuden tulokset

Suhteellisen kosteuden mittaustulokset rakennustarvikeosastolla on esitelty kuvassa 15. Suhteellinen kosteus vaihteli välillä 45 % - 48 %. Korkeimmillaan suhteellinen kosteus oli klo 8:30; 14:10 ja 16:00 aikaan. Matalimmillaan suhteellinen kosteus oli klo 11:00 aikaan. Ulkoilman kosteus mittauspäivän aikana vaihteli 71 – 82 %.



KUVA 15. Suhteellisen kosteuden vaihtelu yhden päivän aikana rakennustarvikeosastolla (klo 8:00 – 19:00)

Suhteellinen kosteus on vähiten merkittävässä osassa, kun tarkastellaan sisäilmaa. Kuitenkin liian suuret tai matalat suhteellisen kosteuden arvot voivat aiheuttaa oireilua (kuva 3). Kuvasta 3 voidaan havaita osaston suhteellisen kosteuden olevan hyvällä tasolla. Suhteellisen kosteuden ollessa tasolla 45 - 48 % oireita aiheuttavien tekijöiden määrät ovat vähäisiä. Näistä tekijöistä pölyn irtoavuus ja rakennusmateriaalien emissiot ovat korkeimmillaan. Kuitenkin suhteellisen kosteuden ollessa hieman alle 50 %, nämä jäävät vähäiseksi. Kuvasta 3 voidaan myös huomata olosuhteiden olevan hyvät allergikoille, sillä tulosten perusteella tilanne on lähes paras mahdollinen (kuva 3).

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 ei ole asettanut vaatimuksia kosteuden suuruudelle. Sisäilmastoluokitus on antanut talviajan kosteuden tavoitteeksi 25 % - 60 % S1 luokassa (taulukko 4).

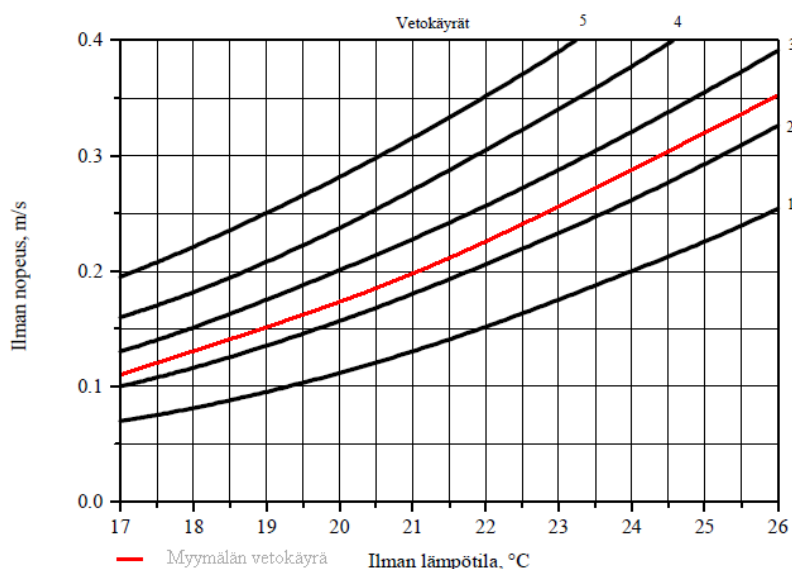
11.1.3 Ilman virtausnopeustulokset

Rakennustarvikeosaston ilman virtausnopeudet, lämpötila, kosteus, operatiivinen lämpötila ja tuloilman lämpötilat on esitelty taulukossa 8. Ilman virtausnopeuksista on esitetty maksimi, minimi ja keskiarvonopeus 3 minuutin ajalta. Mittaukset suoritettiin klo 14:00.

TAULUKKO 8. Rakennustarvikeosaston lämpötilat ja ilman virtausnopeuden hetkelliset arvot klo 14.00

Suure	Lyhenne	tulos	yksikkö
Lämpötila (ulkona)	t_u	12,6	°C
Suht. kosteus (ulkona)	RH_u	73	%
Lämpötila (sisällä)	t_s	21,3	°C
Suht. kosteus (sisällä)	RH_s	43,3	%
Lämpötila (tuloilma)	t_{IV}	16	°C
Ilman virtausnopeus (keskiarvo)	q_{vka}	0,143	m/s
Ilman virtausnopeus (suurin arvo)	q_{vmax}	0,573	m/s
Ilman virtausnopeus (pienin arvo)	q_{vmin}	0,068	m/s
Operatiivinen lämpötila	$t_{operatiivinen}$	20,6	°C

Ilman virtausnopeus ja sisäilman lämpötila vaikuttavat yhdessä vedon tunteeseen. D2 rakentamismääräyskokoelmassa on kuvaaja vetoon liittyen. Ilman lämpötilan ollessa 21 °C ilman virtausnopeuden täytyy olla $\leq 0,25$ m/s, jotta tila olisi vedoton. Rakennustarvikeosaston ilman virtausnopeuden keskiarvo oli 0,143 m/s ja sisäilman lämpötila 21,3 °C, eli osasto voidaan luokitella vedottomaksi tilaksi. Kuvasta 16 voi tarkastella myymälälle asetettua vetokäyrää (punainen viiva). Osastojen mitattu lämpötila- ja ilman virtausnopeusarvojen tuloksia käytetään kuvassa 16. Mikäli saatu piste kuvasta jää punaisen viivan alle, on kyseessä vedoton tila.



KUVA. 16 Vetokriteerien määrittely. (Kuvaa muokattu) [4, s.27]

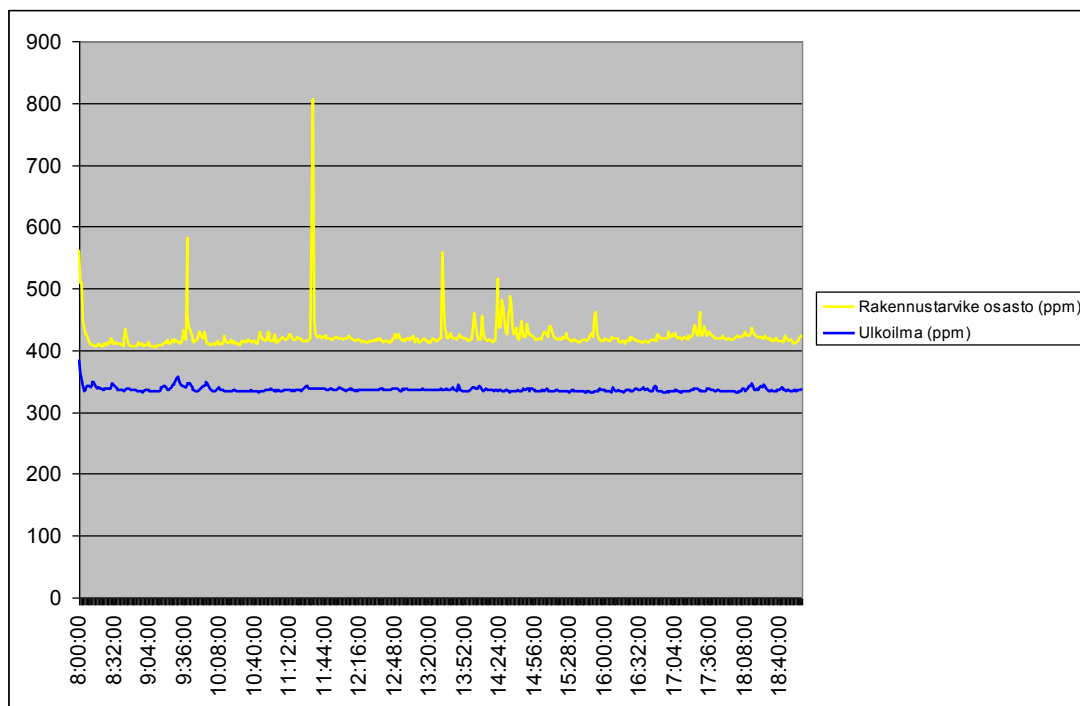
Myös sisäilmastoluokitus on asettanut ilman virtausnopeuksille rajat (taulukko 4). Taulukon mukaan osasto voidaan luokitella S2:n mukaan ($<0,17$ m/s) keskiarvon ol-

lessa 0,143 m/s. Sisäilmaluokitus arvioi vedon määrää ilman virtausnopeuden keskiarvon mukaan.

Ilman virtausnopeuden maksimiarvo 0,573 m/s on suuri sisätiloissa. Sen on todennäköisesti aiheuttanut nosto-oven hetkellinen aukiolo, jolloin kylmä ulkoilma on puhaltautunut sisälle rakennukseen. Mikäli ilman virtausnopeudet yltävät näin korkealla useasti päivän aikana, voi sillä olla haitallisia terveysvaikutuksia sekä myös negatiivisia vaikutuksia työviihtyisyyteen ja työtehokkuuteen.

11.1.4 Hiilidioksidipitoisuus

Hiilidioksidimittausten tulokset on esitelty graafisessa kuvaajassa (kuva 17). Tuloksia tarkastellessa huomataan rakennustarvikeosaston pitoisuuksien pysyvän samalla tasolla koko päivän aikana, eli vaihtelua on hyvin vähän. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus pysyy tasaisesti 350ppm tasolla, mikä on normaali ulkoilman CO₂- pitoisuus. Kuvaajasta voidaan myös havaita mittausvirhe (klo 11:30). Tässä ajankohdassa sisäilman pitoisuus nousi yli 800ppm hetkellisesti. Tämä on todennäköisesti johtunut hengitysilmosta, joka on osunut suoraan mittarin anturiin.



KUVA 17. Rakennustarvikeosaston ja ulkoilman hiilidioksidipitoisuuksien vaihtelut yhden päivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

Tuloksista voidaan huomata, että hiilidioksidipitoisuudet ovat alhaalla. Tämä oli oletettu tulos, sillä rakennuksen ilmatilavuus on suuri. Tämä mahdollistaa hiilidioksidin leviämisen ja vaatisi suuria ihmismääriä, jotta pitoisuudet nousisivat haitalliselle tasolle.

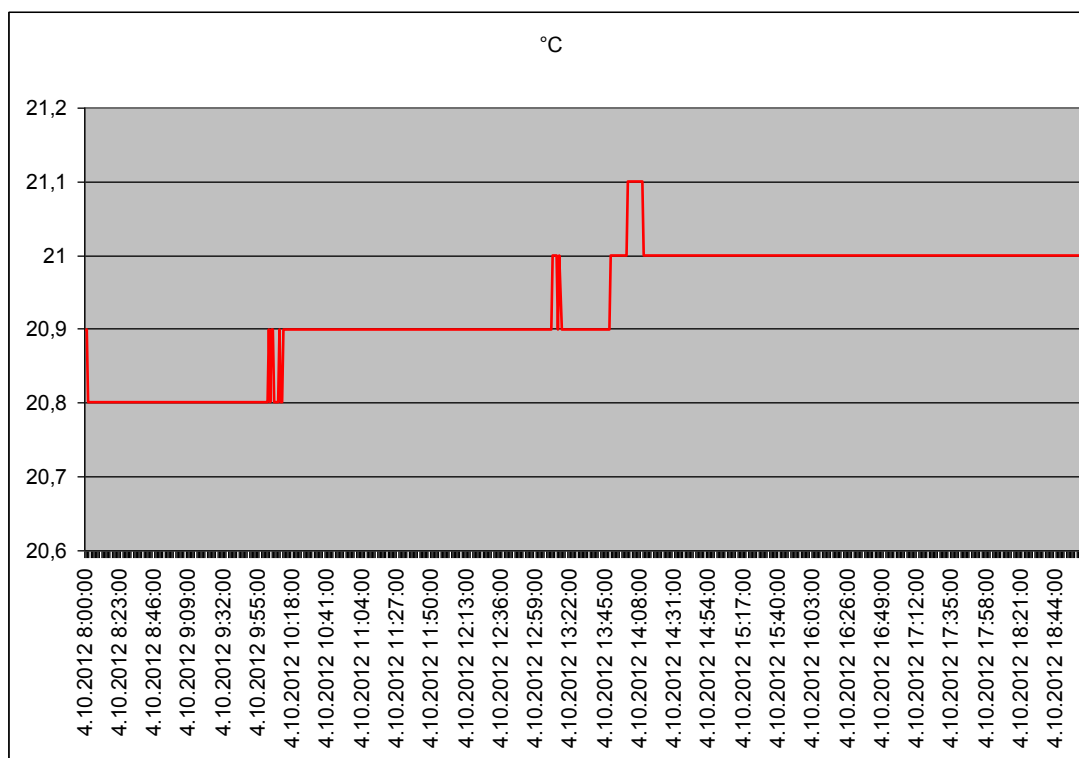
Sisäilmaluokitus on asettanut S1-tason hiilidioksidipitoisuuden rajaksi <750 ppm (taulukko 2). Tämän perusteella rakennus ylittää S1:n luokkaan eli parhaaseen sisäilmaluokitus tasoon. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 on antanut huonetilan maksimi hiilidioksidipitoisuudelle arvon 1200ppm, eli tulos jää kauas raja-arvosta. [4] [5]

11.2 Talotekniikkaosasto

11.2.1 Lämpötilatulokset

Lämpötilan mittaustulokset talotekniikkaosastolla on esitelty seuraavassa kuvaajassa (kuva 18). Lämpötilavaihtelua oli hyvin vähän myös tällä osastolla, vain 0,3°C. Lämpötila oli matalimmillaan 20,8 °C ja korkeimmillaan 21,1 °C. Lämpötila kasvoi tasaisesti iltaa kohden. Ulkoilman lämpötila mittauspäivänä vaihteli 11,1 - 12,6 °C. Läm-

pötilan mittauksessa ei oletettavasti esiintynyt häiriöitä, mikä voidaan myös havaita tuloksista.



KUVA 18. Talotekniikkaosaston lämpötilavaihtelu yhden päivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

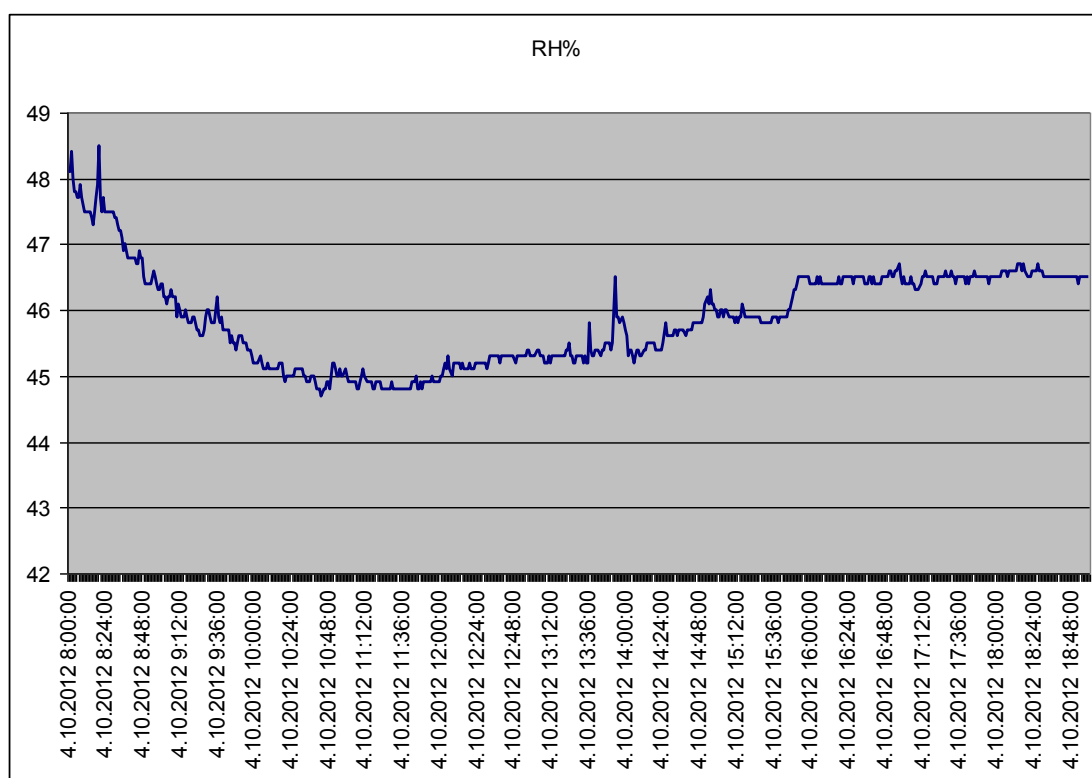
Osaston lämpötilat olivat hyvällä tasolla. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 asettama suosituslämpötila 21 °C on hyvin lähellä mitattuja tuloksia (taulukko 3). Lämpötilan ollessa lähellä optimilämpötilaa (D2 tavoitearvo) voidaan olettaa, että myös tällä osaston työpisteellä on viihtyisät ja terveelliset työolosuhteet lämpötilan suhteen.

Operatiivinen lämpötila oli ilman lämpötilan kanssa samalla tasolla, 20,9 °C. Operatiivinen lämpötila mitattiin yhden kerran klo 14:30. Tulos ylittää sisäilmastoluokituksen parhaaseen tasoon eli S1 tasoon, jonka tavoitearvo operatiiviselle lämpötilalle on 20 – 21,5°C (taulukko 5).

11.2.2 Suhteellisen kosteuden tulokset

Suhteellisen kosteuden mittaustulokset talotekniikkaosastolla on esitelty kuvassa 19. Suhteellinen kosteus vaihteli välillä 44,8 % - 48,5 %. Korkeimmillaan suhteellinen kosteus oli klo 8:30 aikaan. Matalimmillaan suhteellinen kosteus oli klo 11:00 aikaan. Ulkoilman kosteus mittauspäivän aikana vaihteli 71 – 82 %.

Tulokset vastaavat hyvin paljon rakennustarvikeosaston tuloksia. Suhteellisen kosteuden vaihtelu on hieman tasaisempaa, mutta näin pienellä vaihtelulla ei ole juurikaan merkitystä viihtyisyyteen tai terveyteen. Suhteellisen kosteuden ollessa 50 %:n lähettyvillä, erilaisten bakteerien, viruksien ja pölypunkkien määrät ovat matalalla (kuva 3). Ainoat ongelmia aiheuttavat tekijät ovat pölyn irtoavuus ja rakennusmateriaalien emissiot. Kun tarkastellaan kuvaa 3, voidaan kuitenkin huomata, että riippumatta suhteellisen kosteuden määrästä aina on vähintään 3-5 tekijää vaikuttamassa sisäilman laatuun negatiivisesti, enemmän tai vähemmän.



KUVA 19. Suhteellisen kosteuden vaihtelu yhden päivän aikana talotekniikkaosastolla (klo 8:00 – 19:00)

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 ei ole asettanut suoraa arvoa kosteuden suu-
ruudelle. Sisäilmastoluokitus on antanut talviajan kosteuden rajaksi 25 - 60 % S1 ta-
sossa (taulukko 4). Muille tasoille ei ole rajoituksia annettu, joten rakennus voidaan
luokitella S1-tason mukaiseksi.

11.2.3 Ilman virtausnopeustulokset

Talotekniikkaosaston ilman virtausnopeudet, lämpötila, kosteus, operatiivinen lämpö-
tila ja tuloilman lämpötilat on esitelty taulukossa 9. Ilman virtausnopeuksista on esitet-
ty maksimi, minimi ja keskiarvonopeus 3 minuutin ajalta. Kaikki mittaukset suoritet-
tiin noin klo 14:30.

**TAULUKKO 9. Talotekniikkaosaston lämpötilat ja ilman virtausnopeuden het-
kelliset arvot klo 14.30**

Suure	Lyhenne	tulos	yksikkö
Lämpötila (ulkona)	t_u	11,9	°C
Suht. kosteus (ulkona)	RH_u	76,4	%
Lämpötila (sisällä)	t_s	21,8	°C
Suht. kosteus (sisällä)	RH_s	39,9	%
Lämpötila (tuloilma)	t_{IV}	16	°C
Ilman virtausnopeus (keskiarvo)	q_{vka}	0,105	m/s
Ilman virtausnopeus (suurin arvo)	q_{vmax}	0,307	m/s
Ilman virtausnopeus (pienin arvo)	q_{vmin}	0,072	m/s
Operatiivinen lämpötila	$t_{operatiivinen}$	20,9	°C

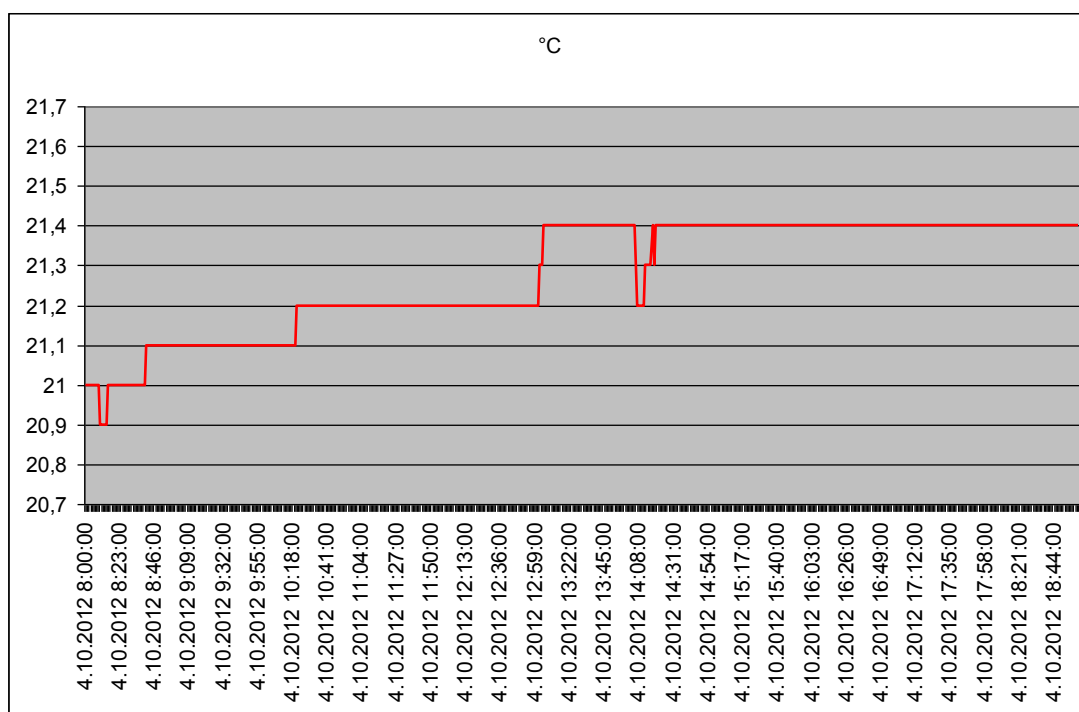
Sisäilman lämpötilan ollessa 21,8°C ja ilman virtausnopeuden keskiarvon ollessa
0,105 m/s myymälää voidaan pitää vedottomana tilana rakentamismääräyskokoelma
D2 mukaan. Sisäilmaluokituksen mukaan osasto voidaan luokitella S1:n mukaan
(<0,15 m/s), keskiarvon ollessa 0,105 m/s.

Ilman virtausnopeuden maksimi arvo 0,307 m/s on suuri sisätiloissa. Sen on todennä-
köisesti aiheuttanut myös nosto-oven hetkellinen aukiolo, jolloin kylmä ulkoilma on
puhaltanut sisälle myymälään. Mikäli ilman virtausnopeudet yltävät näin korkealla
useasti päivän aikana, voi sillä olla haitallisia terveysvaikutuksia, sekä myös viihtyi-
syyteen vaikuttavia tekijöitä.

11.3 Työvälineosasto

11.3.1 Lämpötilatulokset

Lämpötilat työvälineosastolla on kuvassa 20. Lämpötilan vaihtelua oli hieman enemmän kuin kahdella aikaisemmalla osastolla, noin 0,5°C. Lämpötilan oli matalimmillaan 20,9 °C ja korkeimmillaan 21,4 °C. Ulkoilman lämpötila mittauspäivänä vaihteli 11,1 - 12,6 °C. Lämpötila kasvoi tasaisesti iltaa kohden. Lämpötilan mittauksessa ei oletettavasti esiintynyt häiriöitä, mikä voidaan myös havaita tuloksista.



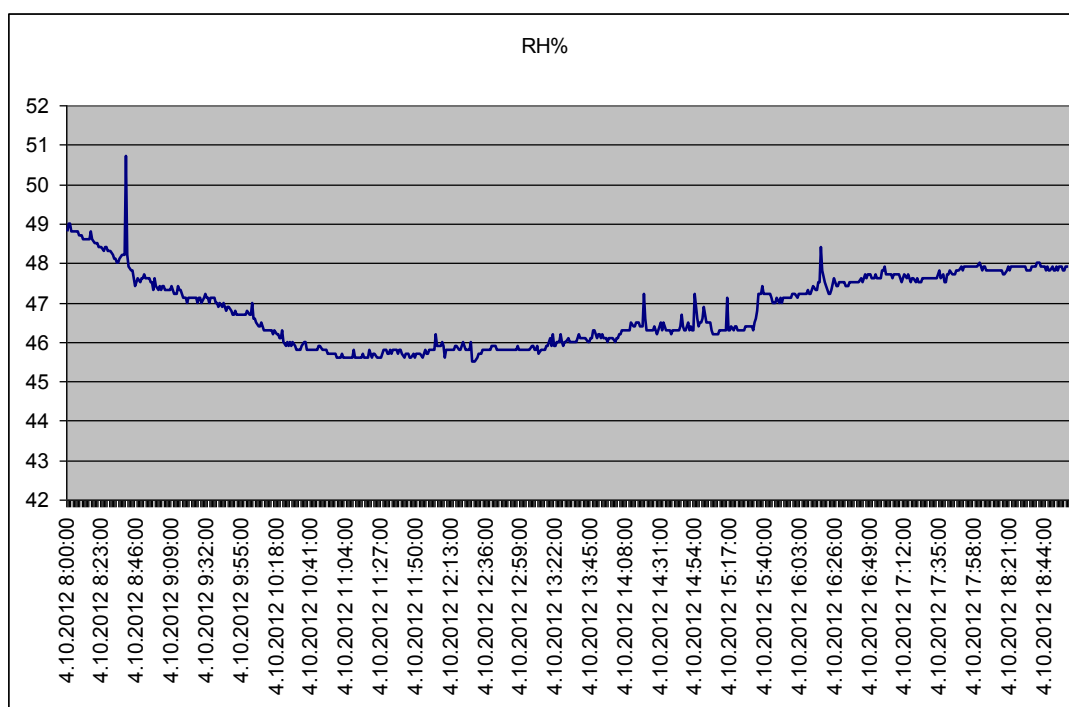
KUVA 20. Työvälineosaston lämpötilavaihtelu yhden päivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 asettama suositus lämpötila 21 °C on hyvin lähellä mitattuja tuloksia (taulukko 3). Lämpötilapoikkeama oli 0,5 °C enimmillään. Lämpötilan ollessa lähellä optimilämpötilaa (D2 tavoitearvo), voidaan olettaa, että myös tällä työpisteellä on viihtyisät ja terveelliset työolosuhteet lämpötilan suhteen.

Operatiivinen lämpötila oli samalla tasolla, 21,2 °C. Operatiivinen lämpötila mitattiin yhden kerran klo 15:00. Tulos ylittää sisäilmastoluokituksen parhaaseen tasoon eli S1 tasoon, jonka tavoitearvo operatiiviselle lämpötilalle on 20 – 21,5°C (taulukko 5).

11.3.2 Suhteellisen kosteuden tulokset

Suhteellisen kosteuden tulokset on esitelty kuvassa 21. Suhteellisen kosteuden maksimiarvo yhden päivän aikana oli 50,7 % ja minimi arvo 45,5 %. Kosteustaso oli korkeimmillaan noin klo 8:30 aikaan ja matalimmillaan klo 11:00 aikoihin. Ulkoilman kosteus mittauspäivän aikana vaihteli 71 – 82 %.



KUVA 21. Suhteellisen kosteuden vaihtelu yhden päivän aikana työvälineosastolla (klo 8:00 – 19:00)

Suhteellisen kosteuden arvot eivät vaihdelleet merkittävästi tällä osastolla. Verrattuna uuden myymälän rakennustarvikeosaston ja talotekniikkaosaston tuloksiin suhteellinen kosteus vaihteli n. 2 % enemmän. Ero ei ole merkittävä, joten myös samat tekijät pätevät työvälineosastoon kuin myös rakennustarvike- ja talotekniikkaosastoon. Bakteerien, virusten ja pölypunkkien määrät näillä tuloksilla ovat vähäisiä, kun puolestaan rakennusmateriaalien emissioita ja pölyn irtoavuutta voi hieman esiintyä.

11.3.3 Ilman virtausnopeudentulokset

Työvälineosaston mittaustuloksista ilman virtausnopeudet, lämpötila, kosteus, operatiivinen lämpötila ja tuloilman lämpötila on esitelty edellä olevassa taulukossa (taulukko 10). Ilman virtausnopeuksista on esitetty maksimi, minimi ja keskiarvo nopeus 3 minuutin ajalta. Kaikki mittaukset suoritettiin noin klo 15:00.

TAULUKKO 10. Työvälineosaston lämpötilat ja ilman virtausnopeuden hetkelliset arvot klo 15.00

Suure	Lyhenne	tulos	yksikkö
Lämpötila (ulkona)	t_u	12,1	°C
Suht. kosteus (ulkona)	RH_u	74,8	%
Lämpötila (sisällä)	t_s	20,7	°C
Suht. kosteus (sisällä)	RH_s	46,1	%
Lämpötila (tuloilma)	t_{IV}	12,1	°C
Ilman virtausnopeus (keskiarvo)	q_{vka}	0,116	m/s
Ilman virtausnopeus (suurin arvo)	q_{vmax}	0,348	m/s
Ilman virtausnopeus (pienin arvo)	q_{vmin}	0,103	m/s
Operatiivinen lämpötila	$t_{operatiivinen}$	21,2	°C

Työvälineosaston ilman virtausnopeudet olivat hyvällä tasolla. Suomenrakentamismääräyskokoelman vetokäyrän mukaan, osasto voidaan luokitella vedottomaksi tilaksi ilman virtausnopeuden keskiarvon ollessa 0,116 m/s ja sisäilman lämpötilan 20,7°C.

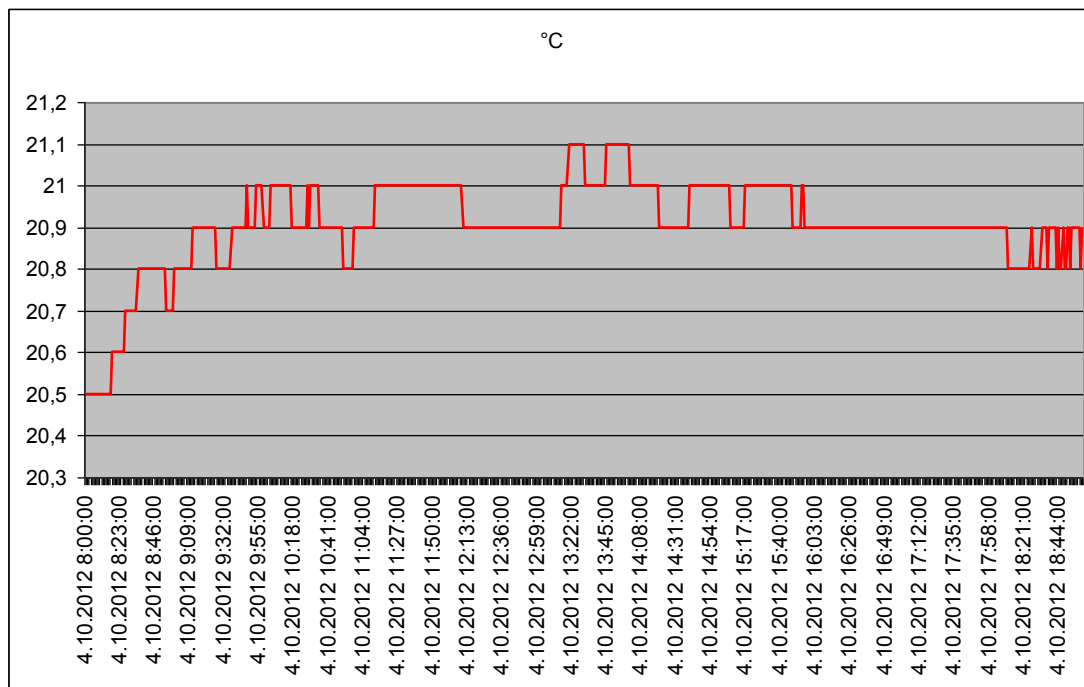
Sisäilmaluokituksen mukaan ilman virtausnopeuden keskiarvon ollessa 0,116 m/s mahdollistaa tilan, jossa vetoa esiintyy hyvin vähän (S1). Kun otetaan huomioon sisälämpötila 20,7°C, voidaan osasto liittää sisäilmastoluokituksen S1 luokkaan.

11.4 Kodinkalusteosasto

11.4.1 Lämpötilatulokset

Lämpötilan mittaustulokset kodinkalusteosastolla on esitelty kuvassa 22. Lämpötila vaihteli osastolla useasti, mutta maksimi ja minimi lämpötilan ero oli vain 0,6°C. Lämpötilan oli matalimmillaan 20,5 °C ja korkeimmillaan 21,1 °C. Lämpötila oli

alimmillaan aamulla, jonka jälkeen lämpötila kohosi 0,6°C vaihdellen useasti päivän aikana. Ulkoilman lämpötila mittauspäivänä vaihteli 11,1 - 12,6 °C.



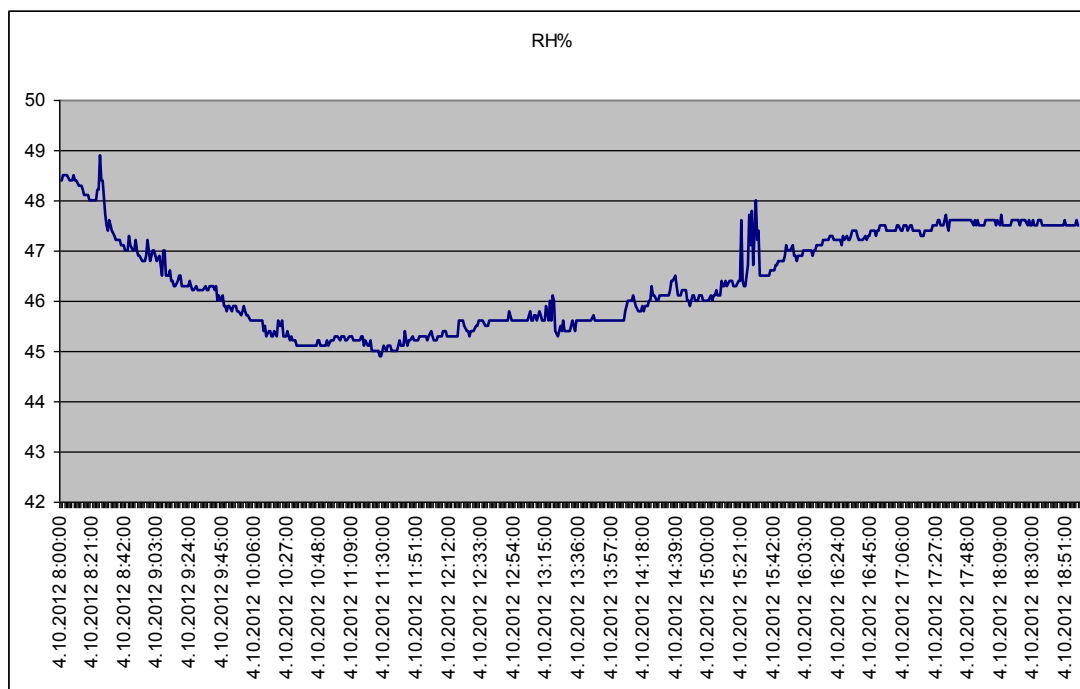
KUVA 22. Kodinkalusteosaston lämpötila vaihtelu yhden päivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

Kodinkalusteosaston lämpötilat vaihtelivat huomattavasti enemmän kuin muilla osastoilla. Yksi mahdollinen syy tähän on lähellä sijaitseva varaston nosto-ovi, joka on ollut auki hetkellisesti useamman kerran päivässä. Tämä ei kuitenkaan ole merkittävästi vaikuttanut osaston lämpötilaan. Vaikutus ilmenee hetkellisesti, kun kylmä ulkoilma puhalttaa suoraan osastolle. Kun otetaan huomioon, että ulkoilman lämpötila vaihteli noin 11-12°C asteen välillä, voidaan olettaa että työntekijät ovat huomanneet vedon tunnetta aina oven ollessa auki.

Operatiivinen lämpötila oli lämpötilan kanssa samalla tasolla, 20,9 °C. Operatiivinen lämpötila mitattiin yhden kerran ja 15:30. Tulos ylittää sisäilmasto luokituksen parhaaseen tasoon eli S1 tasoon, jonka tavoitearvo operatiiviselle lämpötilalle on 20 – 21,5°C (taulukko 5).

11.4.2 Suhteellisen kosteuden tulokset

Kodinkalusteosaston suhteellisen kosteuden tulokset on esitelty kuvassa 23. Suhteellisen kosteuden maksimiarvo yhden päivän aikana oli 48,9% ja minimiarvo 44,9%. Kosteuskäyrä oli korkeimmillaan noin klo 8:30 aikaan ja matalimmillaan klo 11:00 aikoihin. Ulkoilman kosteus mittauspäivän aikana vaihteli 71 – 82 %.



KUVA 23. Suhteellisen kosteuden vaihtelu yhden päivän aikana kodinkalusteosastolla (klo 8:00 – 19:00)

Kodinkalusteosaston suhteellinen kosteus vaihteli myös noin 45 – 50 % välillä. Tulokset muistuttavat edellisten osastojen kuvaajia. Suhteellinen kosteus laskee tasaisesti ja nousee hetkellisesti n. 2 %. Tuloksista voidaan siis päätellä sama tulos kuin aikaisemminkin, muissa osastoissa.

11.4.3 Ilman virtausnopeustulokset

Kodinkalusteosaston mittaustuloksista ilman virtausnopeudet, lämpötila, kosteus, operatiivinen lämpötila ja tuloilman lämpötila on esitelty taulukossa 11. Ilman virtausnopeuksista on esitetty maksimi, minimi ja keskiarvo nopeus 3 minuutin ajalta. Kaikki mittaukset suoritettiin noin klo 15:00.

TAULUKKO 11. Kodinkalusteosaston lämpötilat ja ilman virtausnopeuden hetkelliset arvot klo 15.30

Suure	Lyhenne	tulos	yksikkö
Lämpötila (ulkona)	t_u	11,1	°C
Suht. kosteus (ulkona)	RH_u	73,8	%
Lämpötila (sisällä)	t_s	20,4	°C
Suht. kosteus (sisällä)	RH_s	50,6	%
Lämpötila (tuloilma)	t_{IV}	12,1	°C
Ilman virtausnopeus (keskiarvo)	q_{vka}	0,130	m/s
Ilman virtausnopeus (suurin arvo)	q_{vmax}	0,313	m/s
Ilman virtausnopeus (pienin arvo)	q_{vmin}	0,041	m/s
Operatiivinen lämpötila	$t_{operatiivinen}$	20,9	°C

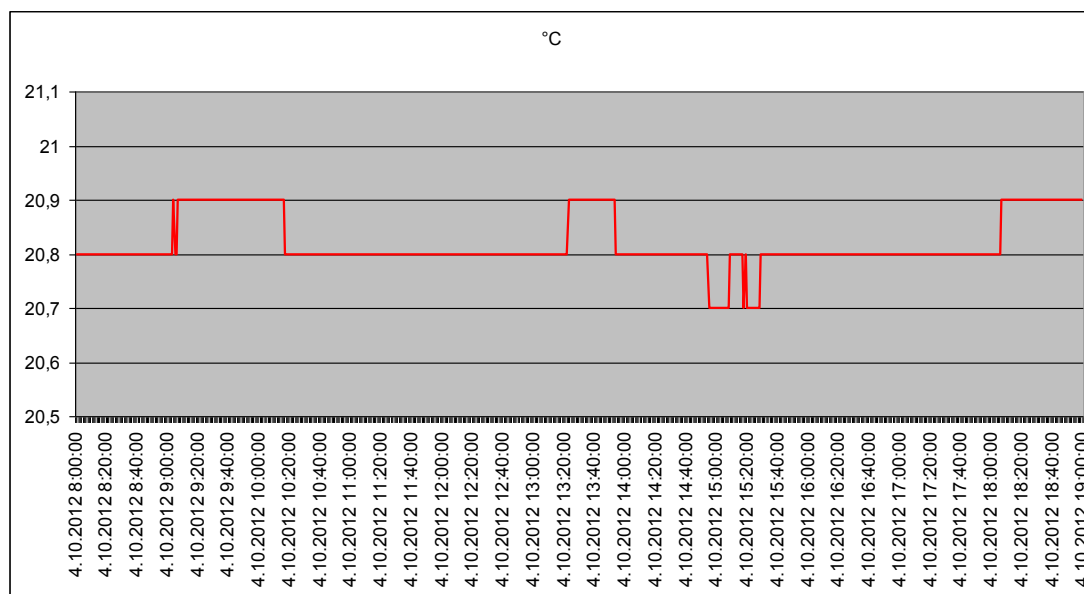
Kodinkalusteosaston ilman virtausnopeudet olivat myös hyvällä tasolla. Kolmen minuutin keskiarvo 0,13 m/s mahdollistaa vedottoman tilan, kun sisälämpötila on 20,4 °C. D2:n mukaan vetoa ei esiinny ilman virtausnopeuden keskiarvon ollessa 0,13 m/s ja sisäilmalämpötilan 20,4 (kuva 16)

Virtausnopeuden maksimiarvo 0,313 m/s on todennäköisesti aiheutunut kylmän ulkoilman puhallettua sisälle, kun varaston nosto-ovi on ollut auki. Aivan kuin muillakin osastoilla, näin suuret ilman virtausnopeudet voivat aiheuttaa oireilua yöntekijöissä ja vähentää työtehokkuutta.

11.5 Sisustusosasto

11.5.1 Lämpötilatulokset

Lämpötilan mittaustulokset sisustusosastolla on esitelty kuvassa 24. Lämpötila vaihteli osastolla 20,8 °C molemmin puolin, maksimi ja minimi lämpötilan ero oli vain 0,2°C. Lämpötilan oli matalimmillaan 20,7 °C ja korkeimmillaan 20,9 °C. Lämpötilavaihtelu oli tasaisinta tällä osastolla. Ulkoilman lämpötila mittauspäivänä vaihteli 11,1 - 12,6 °C.



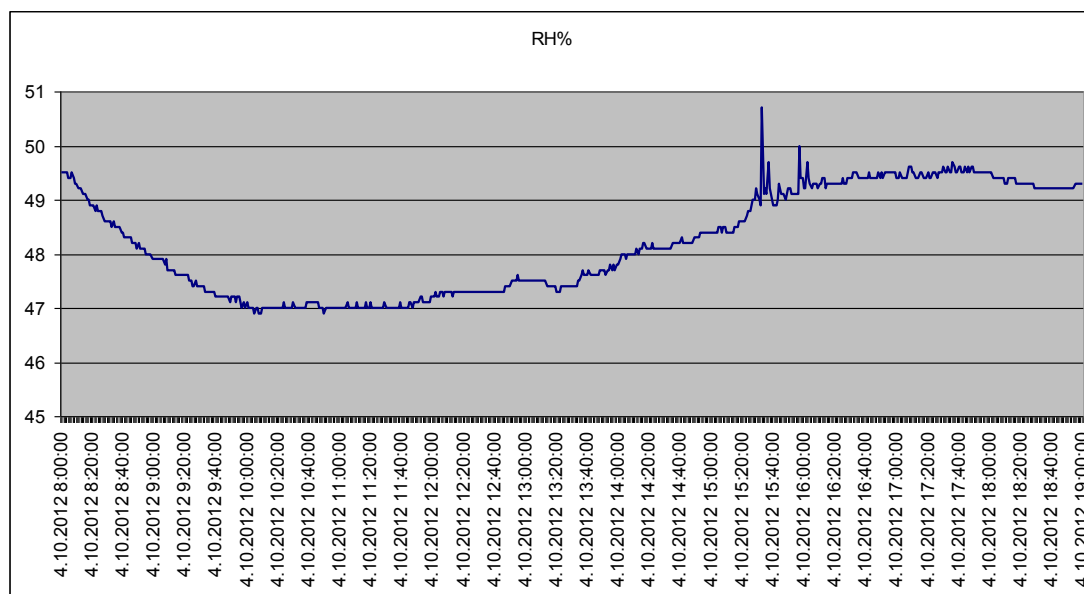
KUVA 24. Sisustusosaston lämpötila vaihtelu yhden päivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 asettama suosituslämpötila 21 °C on hyvin lähellä mitattuja tuloksia (taulukko 3). Lämpötilapoikkeama oli 0,3 °C enimmillään. Lämpötilan ollessa lähellä optimilämpötilaa (D2 tavoitearvo), voidaan olettaa, että myös tällä osaston työpisteellä on viihtyisät ja terveelliset työolosuhteet lämpötilan suhteen.

Operatiivinen lämpötila oli lämpötilan kanssa samalla tasolla, 20,9 °C. operatiivinen lämpötila mitattiin yhden kerran ja tulos oli ajalta 16:00. Tulos ylittää sisäilmasto luokituksen parhaaseen tasoon eli S1 tasoon, jonka tavoitearvo operatiiviselle lämpötilalle on 20 – 21,5°C (taulukko 5).

11.5.2 Suhteellisen kosteuden tulokset

Sisustusosaston suhteellisen kosteuden tulokset on esitelty kuvaajassa (kuva 25). Suhteellisen kosteuden maksimiarvo päivän aikana oli 50,8 % ja minimi arvo 46,9 %. Kosteuskäyrä oli korkeimmillaan noin klo 15:50 aikaan ja matalimmillaan klo 10:00. Ulkoilman kosteus mittauspäivän aikana vaihteli 71 – 82 %.



KUVA 25. Suhteellisen kosteuden vaihtelu yhden päivän aikana sisustusosastolla (klo 8:00 – 19:00)

Sisustusosaston suhteellinen kosteus vaihteli noin 47 – 49 % välillä. Tulokset muistuttavat edellisten osastojen kuvaajia. Suhteellinen kosteus oli alussa korkealla, jonka jälkeen se laski tasaista vauhtia. Klo 12 jälkeen suhteellinen kosteus nousi hiljalleen ja pysyi noin 49,5 % tasolla. Tuloksista voidaan päätellä sama tulos kuin aikaisemmin, muissa osastoissa.

11.5.3 Ilman virtausnopeustulokset

Sisustusosaston ilman virtausnopeudet, lämpötila, kosteus, operatiivinen lämpötila ja tuloilman lämpötilat on esitelty taulukossa 12. Ilman virtausnopeuksista on esitetty maksimi, minimi ja keskiarvo nopeus 3 minuutin ajalta. Mittaukset suoritettiin klo 16:00.

TAULUKKO 12. Sisustusosaston lämpötilat ja ilman virtausnopeuden hetkelliset arvot klo 16.00

Suure	Lyhenne	tulos	yksikkö
Lämpötila (ulkona)	t_u	11,8	°C
Suht. kosteus (ulkona)	RH_u	71,3	%
Lämpötila (sisällä)	t_s	20,5	°C
Suht. kosteus (sisällä)	RH_s	46,2	%
Lämpötila (tuloilma)	t_{IV}	12,1	°C
Ilman virtausnopeus (keskiarvo)	q_{vka}	0,227	m/s
Ilman virtausnopeus (suurin arvo)	q_{vmax}	0,470	m/s
Ilman virtausnopeus (pienin arvo)	q_{vmin}	0,065	m/s
Operatiivinen lämpötila	$t_{operatiivinen}$	20,9	°C

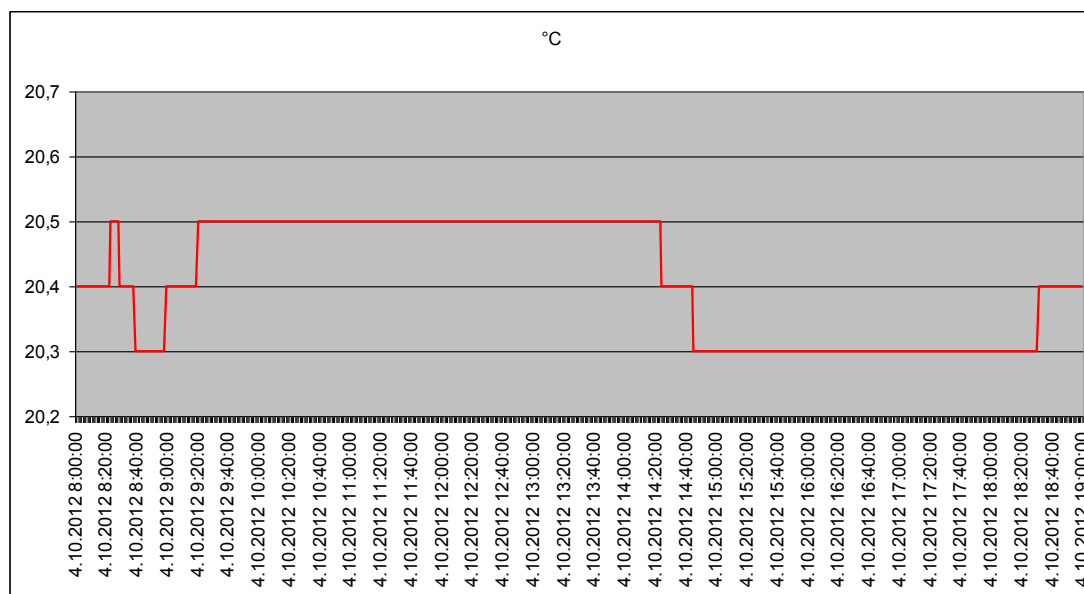
Sisäilman lämpötila oli 20,5°C ja ilman virtausnopeuden keskiarvo 0,227 m/s. Osaston vetokäyrä on myymälälle asetetun vetokäyrän vedollisella puolella (kuva 16). Tämän vuoksi osasto voidaan luokitella vedolliseksi tilaksi. Tämän korjaaminen vaatisi ilman virtausnopeuksien laskemista tai sisäilman lämpötilan korottamista. Sisäilmas-toluokitus taulukon mukaan osasto voidaan luokitella S3:n mukaan (<0,227 m/s).

Ilman virtausnopeuden maksimiarvo 0,470 m/s on suuri sisätiloissa. Sen on todennäköisesti aiheuttanut nosto-oven hetkellinen aukiolo, jolloin kylmä ulkoilma on puhaltanut sisälle rakennukseen. Mikäli ilman virtausnopeudet yltävät näin korkealla useasti päivän aikana, voi sillä olla haitallisia terveysvaikutuksia sekä myös negatiivisia vaikutuksia työviihtyisyyteen.

11.6 Pääkassa

11.6.1 Lämpötilatulokset

Lämpötilan mittaustulokset pääkassalla on esitelty edellä olevassa kuvaajassa (kuva 26) Lämpötila vaihteli osastolla 20,3 – 20,5 °C välillä. Lämpötila oli muihin osastoihin verrattuna noin 0,5°C alhaisempi. Lämpötila vaihteli myös hieman useammin kuin muilla osastoilla. Pääkassan lämpötila jäi hieman rakentamismääräyskokoelma D2:n lämpötilatavoitearvosta (21°C). Ulkoilman lämpötila mittauspäivänä vaihteli 11,1 - 12,6 °C.

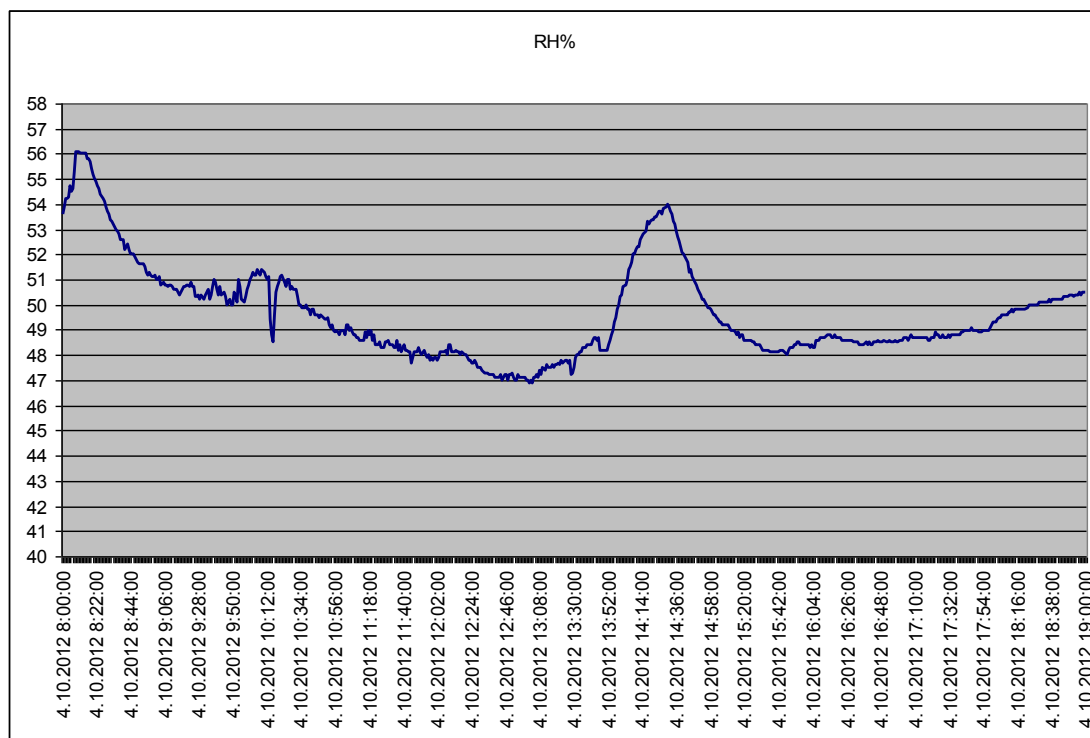


KUVA 26. Pääkassan lämpötilavaihtelu yhden päivän aikana (klo 8:00 – 19:00)

Operatiivinen lämpötila oli hieman korkeampi kuin normaali lämpötila 20,8 °C. operatiivinen lämpötila mitattiin yhden kerran ja tulos oli ajalta 16:30. Tulos ylittää sisäilmasto luokituksen parhaaseen tasoon eli S1 tasoon, jonka tavoitearvo operatiiviselle lämpötilalle on 20 – 21,5°C (taulukko 5).

11.6.2 Suhteellisen kosteuden tulokset

Suhteellisen kosteuden mittaustulokset pääkassalla on esitelty kuvassa 27. Suhteellinen kosteus vaihteli välillä 44,8 % - 48,5 %. Korkeimmillaan suhteellinen kosteus oli klo 8:30 aikaan. Matalimmillaan suhteellinen kosteus oli klo 11:00 aikaan. Ulkoilman kosteus mittauspäivän aikana vaihteli 71 – 82 %.



KUVA 27. Suhteellisen kosteuden vaihtelu yhden päivän aikana Pääkassalla (klo 8:00 – 19:00)

Suhteellisen kosteuden arvot eivät vaihdelleet merkittävästi pääkassalla. Suhteellinen kosteus oli korkeammalla kuin muilla osastoilla, noin 5 % keskimäärin. Suhteellisen kosteuden ollessa hieman yli 50 % etenkin allergikot voivat oireilla hieman. Tämän lisäksi rakennusmateriaalien emissioita voi esiintyä hieman enemmän. Kosteuden ollessa hieman korkeammalla pölynirtoavuus ei ole niin suurta.

11.6.3 Ilman virtausnopeustulokset

Pääkassan ilman virtausnopeudet, lämpötila, kosteus, operatiivinen lämpötila ja tuuloilman lämpötilat on esitelty taulukossa 13. Ilman virtausnopeuksista on esitetty maksimi, minimi ja keskiarvo nopeus 3 minuutin ajalta. Mittaukset suoritettiin klo 16:30.

TAULUKKO 13. Pääkassan lämpötilat ja ilman virtausnopeuden hetkelliset arvot klo 16.30

Suure	Lyhenne	tulos	yksikkö
Lämpötila (ulkona)	t_u	12,0	°C
Suht. kosteus (ulkona)	RH_u	82,1	%
Lämpötila (sisällä)	t_s	20,2	°C
Suht. kosteus (sisällä)	RH_s	61,5	%
Lämpötila (tuloilma)	t_{IV}	12,1	°C
Ilman virtausnopeus (keskiarvo)	q_{vka}	0,138	m/s
Ilman virtausnopeus (suurin arvo)	q_{vmax}	0,318	m/s
Ilman virtausnopeus (pienin arvo)	q_{vmin}	0,079	m/s
Operatiivinen lämpötila	$t_{operatiivinen}$	20,8	°C

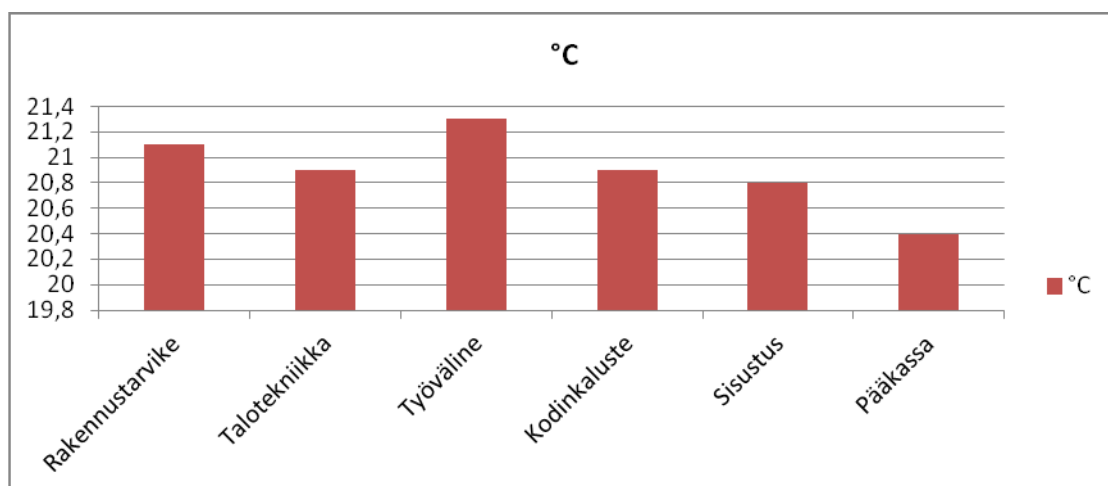
Sisäilman lämpötilan ollessa 20,2°C ja ilman virtausnopeuden keskiarvon arvon ollessa 0,138 m/s voidaan osasto havaita vedottomaksi rakentamismääräyskokoelma D2 mukaan. Sisäilmaluokituksen mukaan osasto voidaan luokitella S1:n mukaan (<0,15 m/s), keskiarvon ollessa 0,138 m/s.

Maksimi arvo 0,318 m/s on suuri sisätiloissa. Sen on todennäköisesti aiheuttanut pääsisäänkäynti ovi jonka hetkellinen aukiolo on päästänyt kylmän ulkoilman virtaamaan sisään.. Mikäli ilman virtausnopeudet yltävät näin korkealla useasti päivän aikana, voi sillä olla haitallisia terveysvaikutuksia sekä myös viihtyisyyteen vaikuttavia tekijöitä.

12 MITTAUSTULOKSIEN YHTEENVETO

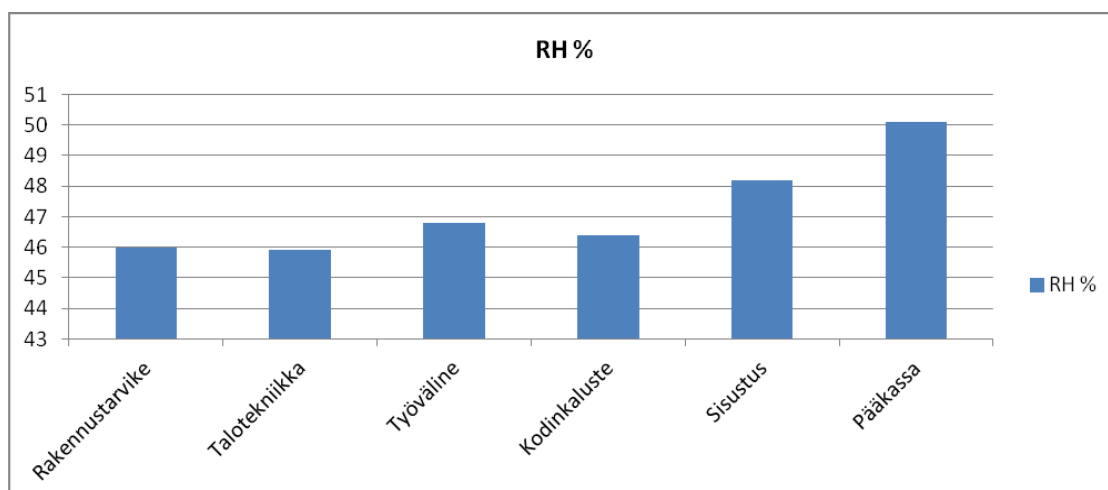
Seuraavassa on esitelty työpisteiden kosteuksien, lämpötilojen ja ilman virtausnopeuksien keskiarvoja. Tulokset on taulukoitu niiden vertailun helpottamiseksi.

Lämpötilojen keskiarvot vaihtelivat vain vähän työpisteillä (kuva 28). Lämpötilan keskiarvo oli korkeimmillaan työvälinaestolla ja matalimmillaan pääkassalla. Kun otetaan huomioon rakentamismääräyskokoelma D2:n lämpötila tavoitearvo 21 °C, voidaan todeta lämpötilojen olevan hyvällä tasolla. Ainoa työpiste, jossa lämpötila jäi hieman enemmän tästä tavoitearvosta, oli pääkassa. Pääkassan lämpötilan keskiarvo oli 20,4°C, joka saattaa aiheuttaa epävihtyisyyttä työntekijöissä sekä lisätä tiettyjä oireita, jota viileä sisäilma voi aiheuttaa.



KUVA28. Lämpötilojen keskiarvot työpisteittäin

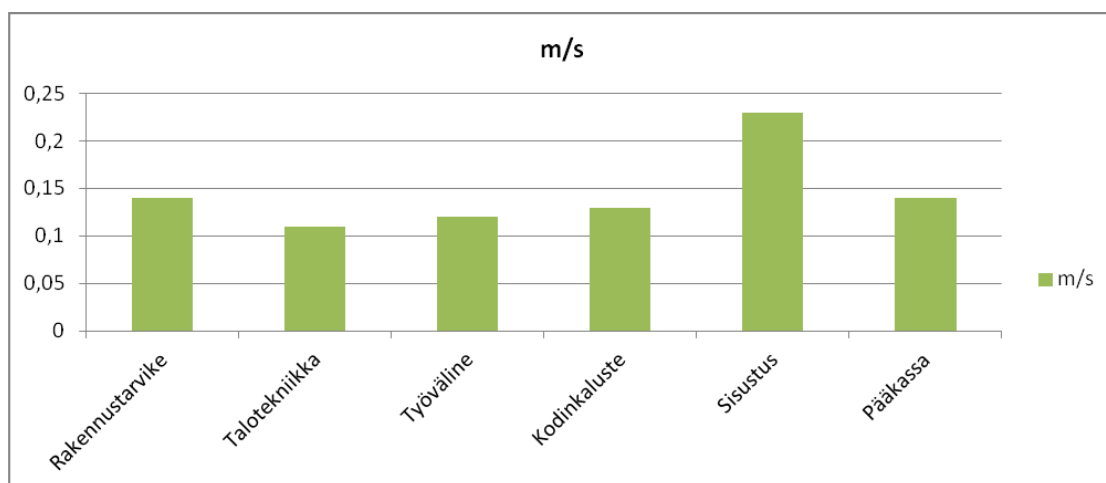
Suhteellinen kosteuden keskiarvo vaihteli työpisteittäin hyvin vähän (kuva 29). Ainoa merkittävä ero muihin myyntipisteisiin oli sisustusosasto ja pääkassa. Pääkassan suhteellisen kosteuden keskiarvo ylitti 50 % ja sisustusosaston keskiarvo oli noin 48,2 %. Sisustusosaston korkeampi suhteellinen kosteus johtui todennäköisesti sen lähettyvillä olevasta pääovesta, joka oli usein auki. Lisäksi pääkassalla oli keskimäärin noin 0,5 °C pienempi lämpötila, joka myös vaikuttaa suhteellisen kosteuden määrään, sillä matalampi lämpötila ei pysty sitomaan niin paljon vettä.



KUVA 29. Suhteellisen kosteuksien keskiarvot työpisteittäin

Ilman virtausnopeuksien keskiarvot olivat myös hyvin samalla tasolla keskenään lukuun ottamatta sisustusosastoa (kuva 30). Sisustusosaston ilman virtausnopeuden keskiarvo nousi yli 0,2 m/s kun taas muut osastot olivat alle 0,15m/s. Ilmanvirtausnopeuksien suhteen tulokset olivat kuitenkin hyviä, sillä kuvasta 14 voidaan huomata, että

näillä ilman nopeuksilla lämpötila joutuisi laskemaan paljon alle 20°C, jotta vetoa esiintyisi merkittävästi.



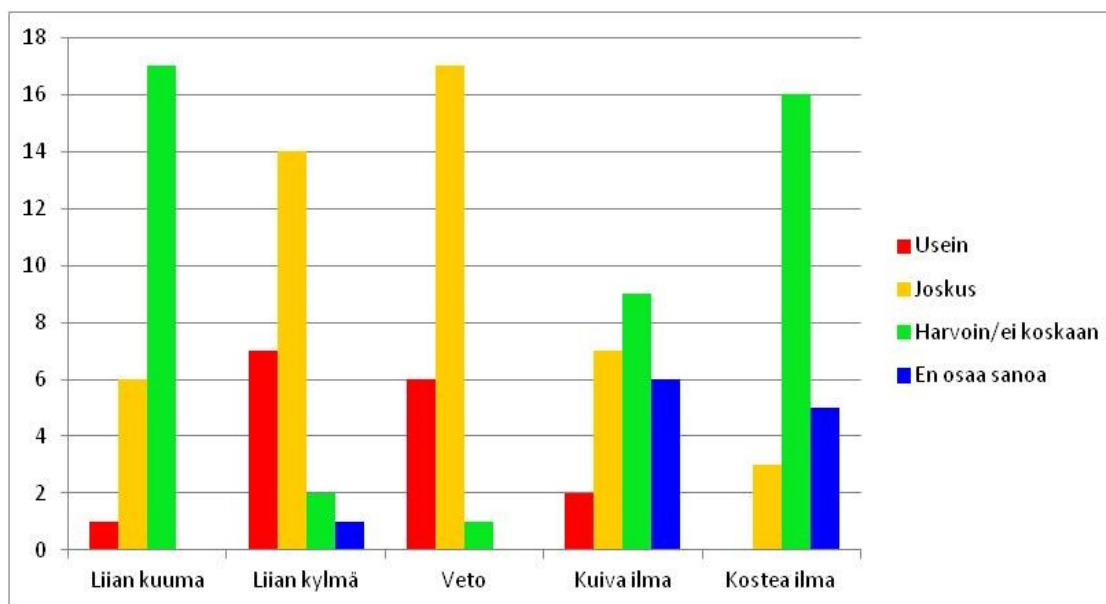
KUVA 30. Ilman virtausnopeuksien keskiarvot työpisteittäin

13 SISÄILMAKYSelyn TULOKSET

Sisäilmakysely tehtiin rautakaupan myyntipisteillä työskenteleville työntekijöille. Kyselyyn kuului kysymyksiä rautakaupan sisäilman lämpöolosuhteisiin ja niistä johtuvista oireista. Kyselyyn vastasi 24 työntekijää.

13.1 Lämpöolosuhdekysely

Tulokset on esitelty kuvassa 31. Tuloksista voidaan huomata, että suurin ongelma myymälän sisäilmassa on viileä sisäilma ja vedon tunne. Kyselyyn vastanneista 21 eli 87,5 % oli vastannut, että myymälässä on liian kylmä usein tai joskus. Vetoa oli tuntenut usein tai joskus 23 työntekijää eli 95,8 %. Tämän todennäköisesti johtuu kylmästä ulkoilmasta, joka on virrannut sisälle ovien ollessa auki, sillä mittaustulosten perusteella lämpötilat olivat melkein tavoitearvoissa, noin 0,3°C sen alle. On kuitenkin huomioitava, että kylmyyden tunne ja vedon tunne on yksilöllistä ja ihmiset reagoivat siihen eritavoin. Kyselyyn vastanneiden mielestä myymälässä on myös ajoittain liian kuuma. 7 henkilöä (29,2 %) vastasi myymälässä olevan liian kuuma usein tai joskus.

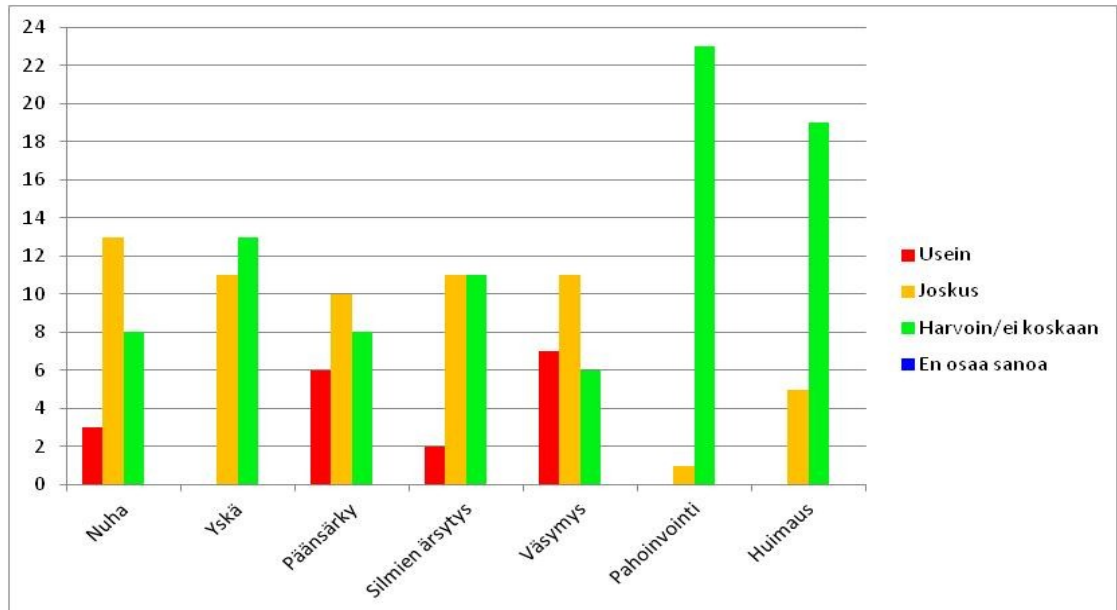


KUVA 31. Lämpöolosuhdekyselyn tulokset

Ilman kosteuteen liittyvissä kysymyksissä kyselyyn vastanneista useampi ei osannut ottaa kantaa. Tulos on odotettu, sillä ilman kosteutta on vaikea arvioida verrattuna sen lämpötilaan. Työntekijöistä 9 oli vastannut ilman olevan liian kuivaa usein tai joskus kun taas 3 työntekijän mielestä ilma oli liian kosteaa joskus. Kun vertaillaan mittaus-tuloksia ja kyselyn tuloksia voidaan huomata niiden välillä merkittävä yhteys. Ilman suhteelliset kosteudet vaihtelivat noin 45–50%:n välillä, mikä on hyvä tulos viihtyisyyttä tarkastellessa.

13.2 Oirekysely

Oirekyselyn tulokset on esitetty kuvassa 32. Yleisimmät oireet, joita työntekijöillä oli ollut, olivat nuha, päänsärky ja väsymys. Pahoinvoinnista ja huimauksesta oli kärsinyt 6 henkilöä (25 %). Oireita oli esiintynyt yllättävän paljon. Nuhasta, yskästä, päänsärystä, silmien ärsytyksestä ja väsymyksestä oli jokaisesta oireesta kärsinyt noin 50 % tai enemmän. On otettava kuitenkin huomioon, että näitä oireita ei välttämättä pelkäs-tään huono sisäilma aiheuttanut, vaan kyseessä on voinut esimerkiksi olla flunssaa tai vähäiset yöunet.



KUVA 32. Oirekyselyn tulokset

14 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia rautakaupan sisäilman lämpöolosuhteita mittausten ja kyselyn avulla. Tarkoituksena oli tutkia saatuja tuloksia ja pohtia niiden vaikutusta myymälän työntekijöiden viihtyisyyteen, työtehokkuuteen sekä terveyteen. Mittaukset ja sisäilmakysely suoritettiin työpisteittäin, jotta saatuja tuloksia voitiin vertailla keskenään ja tarkastella, millä työpisteillä oli mahdollisia ongelmia. Tutkimus oli tarpeellista tehdä, sillä myymälää oli laajennettu muutama kuukausi ennen tätä tutkimusta.

Tärkeintä sisäilmamittauksia tehdessä on huomioida, että ne tehdään oikein. Ilman lämpötila, kosteus ja virtausnopeudet mitattiin 1,1m:n korkeudelta ja ilman virtausnopeudet mitattiin paikasta, missä arveltiin esiintyvän vetoa.

Rakennustarvikeosastolla suoritettu hiilidioksidipitoisuusmittaus antoi odotusten mukaisen tuloksen. Osaston pitoisuus ei kasvanut yli 600 ppm, mikä jää kauas viranomaisten asettamista määräyksistä. Hiilidioksidipitoisuus ei päässyt nousemaan korkealle rakennuksen suuren ilmatilavuuden vuoksi. Suuressa tilassa hiilidioksidi pääsi leviämään, eivätkä pitoisuudet nousseet haitalliselle tasolle.

Suhteellisen kosteuden mittaustulokset eivät antaneet merkkejä huonosta sisäilmasta. Tulokset vaihtelivat 45–55%:n välillä. Tulokset viittaavat terveelliseen ja viihtyisään

sisäilmaan. Suhteellisen kosteuden myötä terveydellistä haittaa aiheutuu vasta, kun suhteellinen kosteus nousee yli 60 %:n tai jää alle 40 %:n.

Myymälän lämpötilat olivat viranomaisten asettamien suositusten mukaisia. Lämpötilat vaihtelivat Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:n asettaman 21°C:n molemmin puolin. Poikkeama oli enimmillään noin 0,5°C. Myös lämpötilan vaihtelua oli hyvin vähän työpäivän aikana. Tämä edesauttaa myös terveelliseen työympäristöön. Mittaustulosten perusteella myymälän lämpötilat ja lämpötilan vaihtelut olivat kunnossa.

Myymälän ilmanvirtausnopeuden suuruudet voivat sen sijaan aiheuttaa epäviihtyisyyttä ja terveydellisiä haittoja. Ilman virtausnopeuksien keskiarvo myymälässä oli 0,15 m/s, mutta maksimissaan ne nousivat 0,50 m/s. Näin suuret nopeudet voivat vaikuttaa suuresti työntekijöiden viihtyisyyteen ja etenkin terveyteen. Ongelman syynä ovat myymälässä sijaitsevat uloskäynnit, jotka ovat ajoittain auki. Tällöin kylmä ilma puhalttaa sisälle ja aiheuttaa vedon tunnetta. Yleinen ratkaisu tällaiseen ongelmaan suurissa myymälöissä on käyttää oviverhoja. Lämmin ilma puhalletaan oviaukolla niin, että kylmä ilma ei pääse puhaltamaan sisälle oviaukon ollessa auki.

Sisäilmakyselyn tulokset vastasivat mittauksista saatuihin tuloksiin. Ilman virtausnopeuksien maksimi-arvot olivat suhteellisen korkealla, mikä oli huomattavissa myös sisäilmakyselyssä. Työntekijät olivat myös oireilleet melko usein. Nuha, päänsärky ja väsymys olivat 3 yleisintä oiretta joita työntekijöillä oli ollut.

Tutkimusta tehdessä ongelmia ei esiintynyt juuri lainkaan. Vaikeinta oli pyrkiä suorittamaan mittaukset mahdollisimman luotettavasti. Mittausten aikana tuli tarkastella eri häiriötekijöitä, jotta mittaukset olisivat luotettavia. Tässä ilmeni ongelmia, etenkin ilman virtausnopeuksia mitattaessa, sillä mittausten aikana myymälässä asiakkaat ja työntekijät aiheuttivat liikehdinnällä ilmavirtoja, jotka vääristivät tuloksia. Näin ollen mittauksia jouduttiin uusimaan muutaman kerran.

Tutkimuksessa saatiin paljon tietoa rautakaupan sisäilmasta. Tutkimuksen tarkoituksena oli antaa tietoa sisäilmatutkimuksen eri keinoista sekä tavoista vertailla näitä menetelmiä ja löytää yhteyksiä niistä. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena oli antaa kat-

tava kuvaus myymälän sisäilmasta toimeksiantajalle. Tutkimuksen tavoitteet täyttyivät ja tuloksena saatiin monipuolinen sisäilma tutkimus rautakaupan sisäilmasta.

LÄHTEET

1. Terveysvaikutukset. Sisäilmayhdistyksen WWW-sivut.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/terveysvaikutukset/>. Päivitetty 15.7.2012. Luettu 5.10.2012
2. Asumisterveysohje, Finlex, WWW-dokumentti, pdf tiedosto. Päivitetty. 11.7.2012 Luettu 12.6.2012
3. Fysikaaliset tekijät. Sisäilmayhdistyksen WWW-sivut.
http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/fysikaaliset_tekijat/ . Päivitetty 28.10.2012. Luettu 10.11.2012
4. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, WWW-Dokumentti, pdf tiedosto
http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2-2010_suomi_22-12-2008.pdf Päivitetty 22.12.2008. Luettu 5.8.2012
5. Sisäilmaluokitus 2008, RT-Kortisto LVI 05-10440, Pdf dokumentti. Päivitetty. 5.8.2012. Luettu. 13.6.2012
6. Markku Seuri & Eero Palomäki. Haasteellinen sisäilma, Rakennustieto Oy 2000
7. Rakennustieto, Rakennusten sisäilmasto 1995, RT 07-10564 ,Pdf dokumentti. Päivitetty. Luettu 14.5.2012
8. LVI-Net, optimilämpötilan valinta 1993 LVI 70-40028, Pdf dokumentti. Päivitetty. Luettu 14.5.2012
9. Lämpöolot ja sisäilma. Työturvallisuuskeskus, WWW-sivut
http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu_tyopaikalla/lampoolot_ja_sisailma. Päivitetty 15.6.2012. Luettu 15.8.2012
10. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysopas, 2009

11. Sisäilman vaikutukset. Sisäilmayhdistyksen WWW-sivut.
http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/sisailman_vaikutukset/. Päivitetty 15.7.2012. Luettu 5.8.2012
12. Käyttöohje, Hiilidioksidimittari TSI IAQ-CALC 7535
13. Global Water, WWW-sivut.<http://www.globalw.com/products/ebi20.html> Päivitetty 15.6.2012. Luettu 6.8.2012
14. Vaisala, WWW-sivut
<http://www.vaisala.com/en/products/humidity/Pages/HM34.aspx>. Päivitetty 15.8.2012. Luettu 27.6.2012
15. Opinnäytetyö, Virtala Tomi https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20602/Virtala_Tomi.pdf?sequence=1 Pdf dokumentti. Päivitetty 15.8.2012. Luettu 27.6.2012.
16. TSI, Valmistajan WWW-sivut <http://www.tsi.com/iaq-calc-indoor-air-quality-meters-7525/>. Päivitetty 15.8.2012. Luettu 29.9.2012
17. LVI- kortisto standarti SFS 5511. Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset (1991). Pdf dokumentti
<https://www.rakennustieto.fi.ezproxy.mikkeliyamk.fi/kortistot/tuotteet/LVI8359.html.stx>. Päivitetty. 14.8.2012. Luettu 25.7.2012
18. LVI- kortisto standarti SFS 5512. Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. (1992) Pdf dokumentti
<https://www.rakennustieto.fi.ezproxy.mikkeliyamk.fi/kortistot/tuotteet/LVI8360.html.stx>. Päivitetty. 16.7.2011. Luettu. 15.9.20112
19. LVI-Mittarit, Suomen lämpömittari <http://www.suomenlampomittari.fi/category/teollisuus-laboratoriot/>. Päivitetty 29.11.2012. Luettu 1.12.2012



Rautakaupan sisäilmakysely

Päivämäärä: _____

Työpiste: _____

Alla olevassa taulukossa on esitelty sisäilman lämpöolosuhteisiin liittyviä kysymyksiä. Vastaa alla olevan taulukon kysymyksiin merkitsemällä rasti ruutuun. Arvioi kysymyksiä viimeisen kuukauden ajalta.

	Usein	Joskus	Harvoin / ei koskaan	En osaa sanoa
Onko työpisteellä liian kuuma ?				
Onko työpisteellä liian kylmä ?				
Onko työpisteellä vedon tunnetta ?				
Onko työpisteellä kuiva ilma ?				
Onko työpisteellä kostea ilma ?				

Seuraavassa taulukossa on esitelty yleisimpiä oireita, jotka liittyvät sisäilmaan. Vastaa alla olevan taulukon kysymyksiin merkitsemällä rasti ruutuun. Arvioi oireilua viimeisen kuukauden ajalta.

	Usein	Joskus	Harvoin / ei koskaan	En osaa sanoa
Nuha				
Yskä				
Päänsärky				
Silmien ärsytys				
Väsymys				
Pahoinvointi				
Huimaus				

LIITE 1(2).
Sisäilmakysely

Lisätietoja. Tähän osioon voit kirjoittaa, jos sinulla on ollut muita oireita tai muuta kerrottavaa myymälän sisäilmasta.

Kiitos vastauksestasi

Mittauspöytäkirja

Mittauspaikka (työpiste): _____

Mittaajan nimi: _____

Päivämäärä: _____

Mittalaitteet

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Sääolosuhteet

Häiriöt

Tulokset

Mitattava suure	Tulokset	Aika
Ilman lämpötila (ulkona)	°C	
Suhteellinen kosteus (ulkona)	%	
Ilman lämpötila (sisällä)	°C	
Suhteellinen kosteus (sisällä)	%	
Operatiivinen lämpötila (sisällä)	°C	
Ilman virtausnopeus (sisällä) (keskiarvo)	m/s	
Ilman virtausnopeus (sisällä) (korkein arvo)	m/s	
Ilman virtausnopeus (sisällä) (matalin arvo)	m/s	
Tuloilman lämpötila	°C	

Lisätiedot
